5 Ynf 33 (4)

Die

# chemische Technologie

fasslich dargestellt

nach dem jetzigen Standpunkte

der

## Wissenschaft und des Gewerbewesens

als

**Leitfaden bei Vorlesungen**

an Universitäten, Gewerbschulen und polytechnischen Anstalten, sowie zum Selbstunterricht.

Von

**Dr. Johannes Rudolf Wagner**

o. ö. Professor der Technologie an der staatswirthschaftlichen Facultät und königl. Conservator der technologischen Sammlungen der königl. Universität Würzburg, Ehrenmitgliede der polytechnischen Gesellschaft zu Leipzig, des polytechnischen Vereins zu Würzburg, des Apothekervereins in Nord- und Süddeutschland, auswärtigem Mitgliede der pfälzischen Gesellschaft für Pharmacie und Technik, correspondirendem Mitgliede des niederösterreichischen Gewerbevereins zu Wien, der Societas physico-medica zu Erlangen, des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern, des Münchner Pharmaceutenvereins etc. etc.

Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 205 Originalholzschnitten.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1859.

# Vorrede zur vierten Auflage.

Die grosse Verbreitung, welche meine chemische Technologie in Deutschland wie im Auslande gefunden hat, macht abermals eine neue Auflage nothwendig.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Die erste | Auflage | erschien | im September | 1850 (520 Seiten) |
| „ zweite | „ | „ | im Mai | 1853 (546 „ ) |
| „ dritte | „ | „ | im August | 1856 (640 „ ) |

Ich übergebe die vierte Auflage, zum grossen Theile neu bearbeitet und mit den Erfahrungen in den Gewerbswissenschaften der letzten drei Jahre bereichert, dem Publikum und ersuche bei Beurtheilung der neuen Auflage um dieselbe Nachsicht, die ihren Vorgängerinnen zu Theil wurde.

Würzburg, d. 1. Mai 1859.

**Dr. J. Rudolf Wagner.**

# Inhalt.

Einleitung 1.

I. *Die Alkalien und Erden und ihre technische Anwendung.*

(Seite 2—213.)

Potasche 2. Aetzkali 8. Salpeter 8. Natronsalpeter 17. Salpetersäure 18. Schiesspulver 21. Chemische Principien der Feuerwerkerei 31. Kochsalz 35. Soda 47. Jod 49. Brom 50. Zweifach kohlensaures Natron 57. Schwefel 58. Schweflige Säure 63. Unterschwefligsaures Natron 64. Schwefelsäure 65. Schwefelkohlenstoff 74. Chlorschwefel 74. Salzsäure 75. Glaubersalz 76. Chlorkalk 77. Chlorometrie 80. Chloralkalien 83. Braunsteinprobe 84. Alkalimetrie 86. Ammoniak und Ammoniaksalze 89. Glas 96. Strass u. Email 108. Beinglas, Milchglas, Reissteinglas, Eisglas 109. Gefärbte Gläser 109. Achatglas, Marmorglas 110. Ueberfangglas 111. Glasmalerei 111. Vergolden und Versilbern der Gläser 112. Glasincrustationen, Filigran 113. Reticulirte Gläser, Millefiori, Aventurin, Haematinon 113. Glasperlen 114. Glasätzen und Hyalographie 115. Sprengkohle 115. Wasserglas 115. Stereochromie 117. Spiegelfabrikation 118. Seife 121. Dampfwäsche 129. Seifenprobe 130. Borsäure und Borax 132. Kalk 136. Mörtel 143. Luftmörtel 143. Cement 146. Trass, Puzzuolane, Santorin 147. Roman-Cement und Portland-Cement 147. Concrete 149. Gyps 152. Marmorcement, Pariancement, Scaliogla 154. Barytpräparate (Baryt- oder Permanentweiss u. s. w.) 155. Alaun 157. Eisenvitriol 166. Ultramarin 168. Der Thon und dessen Verarbeitung 173. Porcellan 180. Biscuitporcellan, Parian, Carrara 194. Frittenporcellan 194. Steinzeug 195. Wedgwood, Aegyptian, Chromolith 196. Fayence 198. Töpferwaaren 203. Siderolith, Terralith, Alcarrazas 197. Terra cotta 205. Ziegelsteine 206. Charmotte oder feuerfeste Steine 211. Thonpfeifen 202. Drainröhren 211. Schmelztiegel 212.

## II. *Die chemische Metallurgie.*

(Seite 214—356.)

Einleitung 214. Erze, Aufbereitung 215. Zugutemachen, Gattiren, Fluss, Hüttenproducte 217. Hüttenfabrikate 217. Hüttenabfälle 217. Eisen 218. Eisenerze 218. Hohofenprocess 221. Gebläse 222. Roheisen 226. Eisenguss 229. Emaillirte Geschirre 231. Stabeisen 232. Frischprocess 233. Puddlingsprocess 234. Walzwerk 236. Blechfabrikation 236. Drahtfabrikation 237. Stahl 239. Siderographie 243. Blutlaugensalz und Berlinerblau 244. Cyankalium 246. Kobaltfarben 249. Smalte 250. Kobaltultramarin 251. Rinmann's Grün 252. Kupfer 253. Messing 264. Bronze (Kanonenmetall, Glockenmetall, Statuenbronze) 263. Neusilber 266. Kupfervitriol 267. Kupferfarben 269. Grünspan 273. Blei 275. Schrotfabrikation 277. Bleiglätte, Mennige 279. Bleizucker 280. Chromgelb 281. Chromroth 283. Chromsaures Kali 281. Chromoxyd 284. Bleiweiss 284. Basisches Chlorblei 288. Zinn 291. Verzinnen 293. Musivgold 294. Zinnsalz 295. Zinnsaures Natron 295. Wismuth 296. Zink 298. Zinkweiss 302. Kadmium 303. Antimon 304. Neapelgelb 306. Arsenik 307. Arsenige Säure 307. Realgar 308. Operment 308. Quecksilber 309. Zinnober 310. Knallquecksilber 312. Zündhütchen 312. Knallsilber 312. Platin 313. Silber 316. Silberprobe 326. Versilbern 327. Schwarzfärben des Silbers 328. Silbersalpeter 329. Zeichentinte 329. Lichtbilder 329. Daguerreotypie 330. Photographie 334. Collodiumbilder 337. Gold 340. Goldlegirungen 345. Färben des Goldes 345. Goldprobe 345. Vergolden 346. Blattgold 346. Goldpurpur 347. Aluminium 348. Galvanotechnik 349. Galvanoplastik 351. Galvanische Vergoldung, Versilberung etc. 352. Galvanisches Aetzen 354. Metallochromie 354. Elektrotypie 355. Glyphographie 355. Galvanographie 355.

---

## III. *Die Pflanzenstoffe und ihre technische Anwendung.*

(Seite 357—500.)

Pflanzenfaser 357. Flachs 358. Röste, Warmwasserröste 358. Spinnen des Flachses 361. Leingewebe 362. Hanf und andere Gespinnstpflanzen 363. Baumwolle 364. Garn 366. Baumwollzeuge 366. Flachsbaumwolle 367. Unterscheidung der Baumwolle von der Leinfaser 367. Schiessbaumwolle 371. Collodium 374. Papierfabrikation 375. Pappe 383. Steinpappe und Papiermaché 383. Stärke 385. Sago 387. Inulin und Lichenin 387. Dextrin (Stärkegummi, Leiokom) 388. Zucker 388. Rohrzucker 389. Rübenzucker 391. Krümelzucker 407. Zuckerprobe 409. Mannit 412. Gährung 413. Hefe 414. Weinbereitung 416. Gallisiren und Petiotisiren des Mostes 417. Krankheiten

der Weine 422. Schaumweine 422. Cider 423. Bierbrauerei 424. Hopfen 425. Hopfenprobe 427. Bierstein 440. Bierprobe 443. Hallymetrie 445. Balling's saccharometrische Probe 447. Steinheil's optisch-aräometrische Probe 448. Branntweinbrennerei und Spiritusfabrikation 448. Getreidebranntwein 448. Kartoffelbranntwein 449. Rübenbranntwein 449. Brennapparate 451. Fuselöl 456. Entfuselung 456. Alkohol 457. Alkoholometrie 458. Rum 459. Cognac 459. Arak 459. Aether 460. Chloroform 461. Bäckerei 461. Essigfabrikation 467. Schnellessigfabrikation 469. Acetometrie 471. Holzessig 471. Fäulniss 473. Appert's Methode und Conservation der Nahrungsmittel überhaupt 475. Holzconservation 476. Terresin 479. Kaffee 479. Thee 481. Cacao 482. Tabak 483. Aetherische Oele und Harze 486. Parfümerie 487. Liqueurfabrikation 488. Siegellack 490. Asphalt 490. Kautschuk 491. Gutta percha 493. Firnissbereitung 495 Buchdruckerschwärze 496. Kitte 499.

---

## IV. *Die Thierstoffe und ihre technische Anwendung.*

(Seite 501—540.)

Wolle 501. Streichwollfabrikation 502. Kammwollfabrikation 504. Haare 504. Seide 505. Seidenzeuge 508. Gerberei 509. Gerbematerialien 510. Lohgerberei 512. Juchtenleder 514. Saffian, Corduan, Chagrin 515. Weissgerberei 516. Sämisch- oder Oelgerberei 517. Pergament 517. Leimfabrikation 518. Fischleim 521. Mundleim 521. Vogelleim 521. Phosphorfabrikation 522. Knochenkohle 528. Milch 530. Butter 533. Käse 535. Fleisch 537. Fleischzwiebak 540.

---

## V. *Die Färberei und Druckerei.*

(Seite 541—574.)

Färberei im Allgemeinen 541. Krapp 542. Garancine, Garanceux, Colorin, Krappblumen, Azale 543. Rothholz 544. Sandelholz, Safflor 545. Cochenille 545. Lac-Dye, Orseille 546. Persio, Cudbear 546. Indig 547. Indigprobe 548. Campecheholz 551. Lakmus 551. Tournesol 552. Gelbholz, Fisetholz, Orlean, Gelbbeeren, Curcuma 552. Wau, Quercitron, Pikrinsäure, Schüttgelb 553. Tinte 554. Bleiche 554. Eigentliche Färberei 556. Beizen 557. Küpen 558. Wollfärberei 562. Seidenfärberei 564. Baumwollfärberei 566. Türkischroth 566. Zeugdruckerei 567. Baumwolldruck 570. Tafelfarben 572. Aetzdruck 573. Wollzeugdruck 574. Seidendruck 574. Mandarinage und Bandanosdruck 574.

---

## VI. *Der Verbrennungsprocess.*

(Seite 575—668.)

Beleuchtung im Allgemeinen 575. Flamme 576. Talgkerzen 579. Stearinkerzen 580. Paraffinkerzen 583. Wallrath 584. Wachs 584 Brennöl 585. Lampen 586. Argand's Lampe 586. Flaschen- oder Sturzlampen 588. Benkler-Ruhllampe 590. Liverpoollampe 590. Solarlampe 591. Aerostatische Lampe 591. Pumplampen 592. Mechanische Lampen 593. Moderateurlampen 594. Antike Lampe 595. Lampen mit Hydrocarbüren 595. Camphinlampe 595. Photogenlampe von Blok 597. von Benkler 598. Leuchtspiritus 599. Gasbeleuchtung 599. Steinkohlengas 602. Holzgas 607. Torfgas 607. Theorie der Holzgasfabrikation 608. Harzgas 609. Oelgas 610. Schiefergas 611. White's Hydrocarbürprocess 612. Zusammensetzung des Gases 613. Gasometer 613. Regulatoren 615. Brenner 616. Gas zur Heizung 617. Siderallicht- und elektrisches Licht 618. Heizung 620. Brennmaterialien 620. Entwickelung der Brennkraft 621. Specifischer und pyrometrischer Wärmeeffect 622. Holz 623. Holzkohlen 626. Torf 636. Torfkohle 638. Braunkohle 639. Steinkohle 641. Koks 644. Künstliche Brennstoffe (Carboleïn, Peras, pariser Kohle) 647. Gasförmige Brennmaterialien 648. Zimmerheizung 651. Kaminheizung 651. Ofenheizung 652. Luftheizung 658. Kanalheizung 660. Heisswasserheizung 661. Dampfheizung 662. Gasheizung 663. Rauchverzehrende Feuerungen 665. Feuerzeuge 667.

Nachtrag zur Gerberei 669.

---

# Einleitung.

---

Die Technologie ist die Lehre von den Gewerben. Dem Sinne des Wortes nach ist sie die Lehre von den Künsten (τεχνης λογος.) Nach dieser allgemeinen Bedeutung wäre die Technologie der Inbegriff aller denkbaren Kunstfertigkeiten. Um nun zu einiger Begränzung zu gelangen, rechnet man zur Technologie nur jene Kunstfertigkeiten, welche Gegenstand dauernder Beschäftigung oder wirklichen Erwerbs sind oder werden können, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, welche wie die Bildhauerkunst, Malerei und höhere Baukunst zur Befriedigung des ästhetischen Gefühles zu dienen bestimmt sind. In diesem Sinne wird die Technologie zur Gewerbelehre, Gewerbekunde.

Man würde sich indessen einem Irrthum hingeben, wollte man die Ausdrücke Technologie, Gewerbelehre, Gewerbekunde für gleichbedeutend halten. Handel und Bergbau gehören als producirende und umsetzende Gewerbe in das Gebiet der Gewerbelehre, sicherlich aber nicht in das der Technologie. Bei einigen Industriezweigen ist die Stellung eine zweifelhafte; dahin gehört nicht das häufig mit dem Bergwesen vereinigte Hüttenwesen, das ohne Zweifel einen integrirenden Theil der Technologie ausmacht, wol aber der Eisenbahnbau, der Strassenbau, die Schifffahrt, die Kunst des Maurers und Zimmermanns, die Artilleriewissenschaft u. s. w. Letztere Zweige werden meist Gegenstand specieller Behandlung.

Die Technologie ist keine selbständige Wissenschaft mit eigenthümlichen Grundsätzen, sondern nur eine Anwendung der Principien und Erfahrung der Chemie, Physik und Mechanik auf Verarbeitung der Rohmaterialien. Sie ist demnach praktische Naturwissenschaft und hat den Zweck, die technisch-industrielle Thätigkeit auf ihre naturwissenschaftlichen Grundsätze zurückzuführen, und zu lehren, auf welche Weise die letzteren zum Vortheil der sittlichen Menschheit zu verwenden und auszubeuten seien.

Durch die Verarbeitung der Rohstoffe, die entweder Naturproducte oder schon Fabrikate sein können, wird entweder nur deren Form oder deren innere Körperlichkeit (Substanz, Materie) verändert. Je nachdem nun das Eine oder das Andere geschieht, zerfallen die sämmtlichen Gewerbe, deren Wesen uns die Technologie lehrt, in mechanische und chemische. Man theilt deshalb auch die Technologie ein in mechanische und chemische Technologie.

Die mechanische Technologie umfasst diejenigen Gewerbe, durch welche der Rohstoff nur seiner Gestalt nach verändert wird, seiner Natur nach aber derselbe bleibt; sie betrachtet z. B. die Verarbeitung des Holzes, die Umwandelung des Eisens in Schienen, in Blech und Draht, die des Silbers in Geschirre und Münzen, die der Baumwolle und Wolle zu Gespinnsten und Geweben etc.

Die chemische Technologie dagegen betrachtet jene Gewerbe, durch welche der Rohstoff seiner Natur nach verändert wird, wie bei der Umwandelung des Bleies in Bleiweiss und Bleizucker; des Kupfers in Grünspan und Vitriol; des Oeles und Fettes in Seife; des Stärkemehls und der Holzfaser in Zucker und Weingeist; des Weingeistes in Essig; bei der Ausscheidung des Eisens aus seinen Erzen; der Ueberführung des Roheisens in geschmeidiges Eisen, die des letzteren in Stahl; die Gewinnung des Leuchtgases aus dem Holze und den Steinkohlen u. s. w. In den meisten Fällen ist die Bearbeitung des Rohstoffes mechanisch und chemisch zugleich wie z. B. in der Glasfabrikation, wobei man Sand mit Potasche, Glaubersalz oder Soda zur Glasmasse zusammenschmilzt und die Masse zu Gefässen und Platten verarbeitet. Eine strenge Sichtung beider Theile der Technologie ist nicht möglich, daher definiren wir chemische Technologie als die Lehre von denjenigen Gewerben, bei denen vorzugsweise die Natur des Rohstoffes verändert wird.

# I. Die Alkalien und Erden und ihre technische Anwendung.

## Die Potasche.

Potasche oder kohlensaures Kali.

Wenn wir eine Pflanze oder einzelne Theile derselben verbrennen, so finden wir stets nach dem Verbrennen einen Rückstand, den man mit dem Namen Asche belegt. Diese Asche enthält die unorganischen oder mineralischen Bestandtheile der Vegetabilien. Sie besteht meistens aus alkalischen Salzen, Kalk, Talkerde (Magnesia), etwas Eisen und Mangan, gebunden an Phosphorsäure, Schwefelsäure und zuweilen auch an Chlorwasserstoff- oder Salzsäure. Die Quantität und Beschaffenheit der Asche ist aber nicht bei allen Pflanzen gleich; während die am Meeresstrande wachsenden Pflanzen vorzugsweise Natron (Soda) enthalten, sind die Binnenpflanzen besonders kalireich; die Aschenmenge ist nicht allein bei den verschiedenen Pflanzen eine verschiedene, sondern es geben auch die verschiedenen Pflanzentheile verschiedene Quantitäten. Die saftreichsten Pflanzen und Pflanzentheile geben im Allgemeinen die meiste Asche, Kräuter grössere Mengen als Sträucher, letztere grössere Mengen als Bäume, Blätter und Rinde der Bäume mehr als der Stamm. Es ist einleuchtend, dass die Menge der in dem Pflanzensafte auflöslichen unorganischen Bestandtheile, also hauptsächlich die Quantität der Salze der Alkalien in den saftreichsten Pflanzentheilen am grössten sein muss. Diese mineralischen Bestandtheile, welche die Pflanzenaschen ausmachen, sind nicht zufällig, sondern zur Vegetation unumgänglich nothwendig. Die genannten Körper entzieht die Pflanze dem Boden. Das Kali ist nun ein Körper, der als Bestandtheil vieler Mineralien, z. B. des Feldspathes, an Kieselerde gebunden, in grosser Menge vorkommt. (Der Kalifeldspath enthält 12—17 pCt., der Glimmer 7—11 pCt., der Talk 2—3 pCt., der Phonolith (Klingstein) 9 pCt., der Basalt 2 pCt. Kali.) Eine directe Darstellung des Kalis aus dem Feldspathe und aus ähnlichen Gesteinen

ist heutzutage noch zu kostspielig. Man lässt deshalb durch die Pflanzen das Kali dem Boden entnehmen und gewinnt es, indem man die Vegetabilien verbrennt und die zurückbleibende Asche mit Wasser behandelt. Es ist ein allgemeiner Charakter der Salze der Alkalien, dass sie in Wasser leicht löslich sind, während umgekehrt die Salze der Erden, besonders diejenigen, die sich in der Asche vorfinden, in Wasser unlöslich sind. Behandeln wir daher eine kalireiche Asche, z. B. Holzasche mit Wasser und trennen die erhaltene Flüssigkeit durch Absetzenlassen oder Filtriren von dem ungelöst zurückbleibenden, so erhalten wir eine Lösung, die vorzugsweise Kali an Kohlensäure gebunden und ausserdem etwas schwefelsaures und kieselsaures Kali enthält. Wird die Lösung eingedampft, so erhält man eine graue bröckliche Masse, die den Namen Potasche führt.

Gewinnung der Potasche und Theorie derselben.

Die Binnenlandpflanzen geben sehr verschiedene Aschenmengen. Den Aschengehalt der Hölzer kann man im Mittel zu 1,5 Proc. annehmen.

Die Potasche oder das unreine kohlensaure Kali ist in den Pflanzen nicht als kohlensaures, sondern als pflanzensaures (oxal- oder weinsaures u. s. w.) enthalten. Diese Pflanzensäuren bestehen wie die Oxalsäure aus Kohlenstoff oder Sauerstoff, oder wie die Weinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure und die meisten anderen organischen oder Pflanzen-Säuren aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und haben die Eigenschaft, wenn sie an Basen gebunden, also als pflanzensaure Salze erhitzt werden, sich in Kohlensäure, die mit der Base verbunden als kohlensaures Salz zurückbleibt, und in flüchtige Producte zu zersetzen. Die Richtigkeit des eben Gesagten lässt sich leicht durch einen Versuch nachweisen. Wenn man etwas Cremor tartari (zweifach weinsaures Kali) glüht, so bleibt dabei reines kohlensaures Kali zurück, das an der Eigenschaft, mit irgend einer Säure zusammengebracht unter Aufbrausen die Kohlensäure zu verlieren, als ein kohlensaures Salz erkannt werden kann.

Gewinnung der Potasche im Grossen durch Verbrennen von Holz.

In Amerika und Russland, in welchen Ländern das Holz zum Theil als Brenn- und Baumaterial in niedrigem Werthe steht, verbrennt man häufig ganze Bäume behufs der Potaschefabrikation; in andern Ländern benutzt man nur die Zweige und Abfälle der Stämme, Sträucher und dergleichen zur Darstellung der Potasche. Diese Pflanzentheile werden zuerst getrocknet und dann gewöhnlich in Gruben verbrannt. Die im Walde durch Niederbrennen von Bäumen und Sträuchern erhaltene Asche heisst Waldasche, die als Nebenproduct in den Feuerungsanlagen gewonnene Ofen- oder Herdasche führt dagegen den Namen Brennasche. Die Gewinnung der Potasche aus der rohen Holzasche zerfällt

1) in das Auslaugen der Asche;
2) in das Versieden der Rohlauge und
3) in das Glühen oder Calciniren der rohen Potasche.

Das Auslaugen der Asche geschieht in Bottichen, in welchen

sich über dem eigentlichen Boden ein zweiter durchlöcherter eingelegt befindet, der mit Stroh bedeckt ist und auf einem Kreuze ruht. Diese Auslaugebottiche (Aescher) werden in zwei Reihen aufgestellt, so dass die hinteren auf einem Gerüste, die vorderen auf Lagern ruhen; eine dritte Reihe, die Sümpfe, ist fest in die Erde eingegraben und dient zum Aufnehmen der Rohlauge. Die Aescher werden mit gesiebter Holzasche angefüllt und auf die Asche der obern Reihe der Aescher wird Wasser gegossen. Enthält die abfliessende Lauge 20—25 Proc. Salztheile, so ist sie siedewürdig und wird in die Abdampfpfannen gebracht. Bei zu schwachem Salzgehalte läuft die Flüssigkeit abermals durch den Aescher. Die mit kaltem Wasser völlig erschöpfte Asche wird in manchen Gegenden zuletzt noch mit heissem Wasser ausgezogen, um das darin enthaltene, in kaltem Wasser schwer lösliche schwefelsaure Kali zu gewinnen. Der ausgelaugte Rückstand, aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk, etwas Kali und Magnesia und viel Sand und Thon bestehend, wird als Düngemittel, zur Fabrikation von grünem Bouteillenglas, so wie in den Salpetersiedereien zum Bau der Salpeterhaufen verwendet. Das Abdampfen geschieht in eisernen Pfannen unter fortwährendem Umrühren, bis eine trockene, dunkelbraune Masse zurückbleibt, die 6—10 Proc. Wasser und verkohlte organische Substanzen enthält. Diese Masse führt den Namen rohe Potasche oder Fluss. Die letzte Operation, das Calciniren der Potasche, hat zum Zweck, die Masse vollständig zu entwässern und die färbenden organischen Substanzen zu zerstören; dies geschieht in besonderen Calciniröfen. Der Ofen wird zuerst angeheizt, dann die Potasche eingelegt und allmälig so lange geglüht, bis sie in eine weissliche oder bläuliche Masse, die nicht zusammengesintert sein darf, verwandelt ist. Nach dem Erkalten verpackt man die Potasche in Fässer. Der Gewichtsverlust, welchen die rohe Potasche beim Calciniren erleidet, beträgt 8—18 pCt.

Arten der Potasche.

Je nach dem Rohstoffe und nach den Ländern unterscheidet man Perlasche, die in kleinen, trocknen Stückchen von bläulicher Farbe aus Nordamerika kommt, Weinhefen- oder Drusenasche (cendres gravelées), welche man durch Verbrennen der Weinhefen und Trestern in dem mittägigen Frankreich darstellt, toscanische, illyrische, ungarische und russische Potasche. Die in Frankreich unter dem Namen Potasse factice bekannte Substanz ist keine Potasche, sondern Soda, die zum Theil Aetznatron enthält.

Ausbeute an Potasche aus verschiedenen Pflanzen.

Die Ausbeute an Potasche aus verschiedenen Pflanzen beträgt durchschnittlich von tausend Theilen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fichtenholz | 0,45 | Weizenstroh | 3,90 |
| Pappelholz | 0,75 | Disteln | 5,00 |
| Buchenholz | 1,45 | Weinreben | 5,50 |
| Eichenholz | 1,53 | Gerstenstroh | 5,80 |
| Buchsbaumholz | 2,26 | Farnkraut | 6,26 |
| Weidenholz | 2,85 | Binse | 7,22 |
| Ulmenholz | 3,90 | Maisstengel | 17,50 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sonnenblumenstengel | 20,00 | Trockne Weizenstengel vor der Blüthe | 47,0 |
| Brennnesseln | 25,03 | Wermuthkraut | 73,0 |
| Wickenkraut | 27,50 | Erdrauchkraut | 79,0 |

Gewinnung der Potasche aus dem Runkelrübensyrup.

Die Potaschefabrikation aus Runkelrübensyrup bildet in der neueren Zeit einen nicht unbedeutenden Industriezweig. Die Potasche wird hierbei zugleich mit dem Weingeist gewonnen. Es ist hier nicht der Ort, die Darstellung des Weingeistes aus der Runkelrübenmelasse zu erörtern, es sei nur angedeutet, dass die Melasse mit der gehörigen Menge Wasser verdünnt und mit Schwefelsäure bis zur schwach sauren Reaction versetzt wird, bevor man ihr die Bierhefe zusetzt, um sie in grossen Bottichen bei 20° gähren zu lassen. Die gegohrene Flüssigkeit wird destillirt. Die in der Blase zurückbleibende Flüssigkeit enthält natürlich alle Salze, welche in der Melasse vorhanden waren. Sie wird zur Syrupconsistenz eingedampft und ruhig hingestellt, wodurch der Gyps sich ausscheidet. Die von dem Gyps abgegossene Flüssigkeit wird in Flammenöfen geglüht. Die zurückbleibende poröse grauweisse Masse (Salin) wird mit Wasser ausgelaugt. Die Lauge, in flachen Pfannen aus Eisenblech abgedampft, setzt schwefelsaures Kali und Chlorkalium ab, die getrocknet und zur Alaunfabrikation verwendet werden. Aus der Mutterlauge krystallisirt ein Doppelsalz von kohlensaurem Kali und Natron ($KO, CO_2 + NaO, CO_2 + 24 HO$) heraus. Die Mutterlauge wird zur Trockniss eingedampft und der Rückstand geglüht, er liefert Potasche. Das Doppelsalz von kohlensaurem Kali und Natron wird umkrystallisirt, wobei sich ein Doppelsalz, das weniger kohlensaures Kali enthält, bildet. Man lässt dasselbe in einem Kessel zergehen, wobei sich kohlensaures Natron mit 1 Aequiv. Wasser absetzt, und die Mutterlauge reich an kohlensaurem Kali zurückbleibt; sie wird eingedampft und der Rückstand als Potasche verwendet. Das niedergefallene kohlensaure Natron wird getrocknet und dann in den Handel gebracht.

In neuester Zeit wird diese neue Fabrikation der Potasche auch in Deutschland ausgeübt. Die grosse Rübenzuckerfabrik zu Waghäusel in Baden sendet eine Potasche aus Rübenmelasse (gegen 6000 Ctr. jährlich) in den Handel, die sich durch verhältnissmässig grosse Reinheit und durch Weisse auszeichnet. Die Zusammensetzung der Potasche aus Waghäusel folgt unten. Dass es rationeller sein würde, die Mineralbestandtheile der Rübenmelasse als Mineraldünger den Rübenfeldern zurückzuerstatten, als sie in den Handel zu bringen, unterliegt keinem Zweifel.

Gewinnung der Potasche aus dem Meerwasser.

Das Meerwasser enthält durchschnittlich 1,35 pro Mille Chlorkalium. In der neueren Zeit hat man in Südfrankreich angefangen, aus der bei Darstellung des Seesalzes und schwefelsauren Natrons aus dem Meerwasser abfallenden Mutterlauge das Kali zu gewinnen. Es krystallisirt nämlich aus der Mutterlauge ein Doppelsalz aus Chlormagnesium und Chlorkalium heraus, das beim Wiederauflösen in Wasser zerfällt, so dass sich beim Abdampfen aus der Lösung nur Chlorkalium abscheidet. Das Chlorkalium wird sodann in schwefelsaures Kali, letzteres in kohlensaures Salz nach

einer Methode umgewandelt, welche im Princip dem Leblanc'schen Verfahren der Sodagewinnung aus dem Kochsalz (s. weiter unten) gleich ist, — die hohe Bedeutung der Darstellung des Kalis aus dem Meerwasser ist nicht zu verkennen; letzteres ist eine unversiegbare, bisher unbeachtet gebliebene Quelle des Kalis, eines Stoffes, den man bis jetzt nur durch Beihülfe der Vegetation der Pflanzen zu gewinnen vermochte.

Auch aus den auf den Salinen abfallenden Mutterlaugen gewinnt man die Kalisalze nach einem dem vorstehend beschriebenen ähnlichen Verfahren.

Die in neuerer Zeit (1857) von E. Meyer wieder angeregte Darstellung von Potasche aus Feldspath durch Glühen desselben mit Kalk verdient alle Beachtung, hat jedoch vor der Hand nur wissenschaftliches Interesse.

Prüfung der Potasche. Die käuflichen Potaschesorten enthalten ausser dem kohlensauren Kali, schwefelsaures Kali, Chlorkalium und unlösliche Substanzen. Da nun ihr Gehalt an reinem kohlensauren Kali ihren Handelswerth bestimmt und derselbe bedeutend variiren kann, so sind die Mittel zur Prüfung der Potasche für den Gewerbtreibenden von grossem Werth. Sie werden am Ende des folgenden Abschnittes, der von der Soda handelt, unter dem Kapitel Alkalimetrie näher betrachtet werden.

Einige Potaschesorten fand man bei der Analyse in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

| | russische | amerikanische | toscanische | illyrische | | Aus Rübenmelasse (von Waghäusel) a. | b*). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kohlensaurem Kali | 69,61 | 71,38 | 74,10 | | 78,75 | 88,730 | 94,392 |
| kohlensaur. Natron | 3,09 | 2,31 | 3,00 | kohlensaur. | | 6,448 | Spur |
| schwefelsaur. Kali | 14,11 | 14,38 | 13,47 | u. schwefels. | 12,50 | 2,270 | 0,282 |
| Chlorkalium | 2,09 | 3,64 | 0,95 | Natron | | 1,008 | 2,409 |
| Jodkalium | " | " | " | | | 0,026 | 0,111 |
| Wasser | 8,82 | 4,56 | 7,28 | | | 1,394 | 1,764 |
| Unlöslichem | 2,28 | 2,73 | 1,20 | | 8,75 | 0,124 | |

Anwendung der Potasche. Die Potasche wird immer mehr und mehr von der ungleich wohlfeilern Soda verdrängt, sie wird indess noch benutzt zur Fabrikation des böhmischen Glases, des Salpeters, des Schiesspulvers, des Alauns, des Blutlaugensalzes, gewisser weicher Seifen und mehrerer chemischer Präparate von weniger Wichtigkeit. Ist auch die Potasche vielfach mit Erfolg durch die Soda ersetzbar, so kann sie doch nicht in allen Fällen entbehrt werden. Die Agrikultur namentlich und die Glasfabrikation würden von billiger darzustellendem Kali grossen Nutzen zu ziehen im Stande sein. Ist das oben erwähnte Verfahren der Darstellung der Potasche aus dem Meerwasser allgemein eingeführt, so werden Amerika und Russland, welche allein heutzutage noch grosse Quantitäten von Potasche durch Nie-

*) Die Analyse a wurde von Keller in München, b von van Groningen in Stuttgart ausgeführt.

derbrennen von Waldungen liefern, nicht lange mehr dazu sich verstehen. Das Holz wird bei verbesserter Communication theurer bezahlt werden, als die daraus gewonnene Asche.

Aetzkali. Die Anwendung der Potasche beruht auf ihrem Gehalt an Kali und es kommt die Kohlensäure derselben nur insofern in Betracht, als sie als schwache Säure von jeder anderen ausgetrieben wird. Die Potasche oder das kohlensaure Kali eignet sich deshalb mehr als jede andere Kaliverbindung zur Fabrikation der oben erwähnten Körper. Zuweilen ist aber auch die Kohlensäure der Anwendung hinderlich und es muss dieselbe abgeschieden werden. Dies geschieht, indem man eine wässerige Lösung der Potasche mit einem Körper zusammenbringt, der zur Kohlensäure mehr Verwandtschaft hat, als das Kali. Ein solcher Körper ist der Aetzkalk (gebrannter Kalk). Bezeichnen wir das kohlensaure Kali mit seiner chemischen Formel $KO, CO_2$ und den Aetzkalk mit $CaO$, so wird aus dem Aetzkalk $CaO, CO_2$ und $KO$, d. h. Aetzkali wird frei. Indem sich also die Kohlensäure des kohlensauren Kali mit dem Kalk zu kohlensaurem Kalk oder zu Kreide verbindet und unlöslich zu Boden fällt, wird das Kali frei und bleibt in der über dem unlöslichen kohlensauren Kalke stehenden Flüssigkeit gelöst. Dampft man diese Kalilösung bis zu einem gewissen Grade ab, so erhält man die Aetzkalilauge oder Seifensiederlauge, von welcher später bei der Verseifung die Rede sein wird. Aus dem spec. Gewichte der Lauge kann man ihren Gehalt an Kali erkennen, z. B.:

| Spec. Gewicht. | Kaliprocente. |
|---|---|
| 1,06 | 4,7 |
| 1,11 | 9,5 |
| 1,15 | 13,0 |
| 1,19 | 16,2 |
| 1,23 | 19,5 |
| 1,28 | 23,4 |
| 1,39 | 32,4 |
| 1,52 | 42,9 |
| 1,60 | 46,7 |
| 1,68 | 51,2 |

Wird diese Lauge bis zur Trockniss eingedampft, so bleibt eine weisse, schmelzbare Masse, das Aetzkali ($KO, HO$) zurück, das geschmolzen und in Form von Stängelchen gebracht in der Chirurgie als Aetzmittel Anwendung findet. Das Aetzkali oder Kaliumoxyd ist eine Base, d. h. ein solcher Körper, der mit einer Säure ein Salz zu bilden fähig ist. Das für die Technik wichtigste Kalisalz ist das salpetersaure Kali oder der Salpeter, an welches sich die Fabrikation des Schiesspulvers und die der Salpetersäure anschliessen wird.

## Der Salpeter.

Salpeter. Uebergiessen wir kohlensaures Kali mit Salpetersäure (Scheidewasser), so entweicht die Kohlensäure unter Aufbrausen und wenn

die Lösung hinreichend concentrirt ist, erhalten wir nach einiger Zeit in der Flüssigkeit Krystalle von Salpeter oder salpetersaurem Kali ($KO, NO_5$). Die Darstellung des Salpeters im Grossen ist aber nicht auf diese Weise auszuführen, da erst die Salpetersäure aus dem Salpeter, letzterer aber vortheilhaft nie aus ersterer gewonnen werden kann. Die Natur unterstützt den Process der Salpeterbildung mächtig und oft hat der Mensch nur nöthig, das von der Natur gelieferte Material zu reinigen. Es ist bekannt, dass an den Mauern der Ställe häufig Auswitterungen beobachtet werden, die zum grössten Theil aus salpetersauren Salzen bestehen. Eben so findet man diese Auswitterung in Höhlen und auf der Oberfläche des Bodens in Spanien, Aegypten, Ostindien und mehreren Theilen Südamerika's; in Chile und Peru findet man sogar salpetersaures Natron (Chilesalpeter) in ungeheuren Massen in einer Erstreckung von mehr als dreissig Meilen unter einer Schicht von Thon. Fragt man nun, welcher Mittel bedient sich die Natur, um jene Mengen von salpetersauren Salzen zu erzeugen, so ist die Antwort in Bezug auf die Base, das Kali, Natron oder den Kalk leicht, denn diese Basen finden sich stets in den Mineralien und den Umgebungen der Orte, an welchen sich diese Körper bilden. In Bezug auf die Erzeugung der Salpetersäure nimmt man an, dass sich dieselbe unter der Mitwirkung faulender organischer Substanzen oder durch directes Zusammentreten der Elemente der atmosphärischen Luft erzeuge. In den meisten Fällen ist es erwiesen, dass die Salpeterbildung auf die erstere Weise eingeleitet wird. Lassen wir gewisse organische, stickstoffhaltige Substanzen, wie z. B. Harn, an der Luft stehen, so geht eine Zersetzung desselben vor sich, die wir Fäulniss nennen und die sich in diesem Falle unter Anderem durch einen stechenden Geruch äussert. Dieser Geruch rührt von Ammoniak, einem Körper her, der stets unter den Zersetzungsproducten stickstoffhaltiger organischer Körper zu bemerken ist. Ammoniak besteht aus Stickstoff (N) und Wasserstoff (H). Lassen wir aber die stickstoffhaltigen organischen Substanzen sich bei Gegenwart einer Base zersetzen, befeuchten wir z. B. einen Haufen Asche mit Harn, so bildet sich zwar auch Ammoniak, die vorhandene Base bewirkt aber, dass der Sauerstoff der atmosphärischen Luft oxydirend auf das Ammoniak einwirkt und dasselbe in Salpetersäure und Wasser verwandelt ($NH_3 + 8\,O = NO_5 + 3\,HO$). Die Salpetersäure verbindet sich im Augenblicke des Entstehens mit den Basen zu salpetersauren Salzen. Zieht man die erwähnte Asche, die lange Zeit der Luft ausgesetzt gewesen und von Zeit zu Zeit mit Harn begossen worden war, mit Wasser aus und dampft die Flüssigkeit ab, so erhält man Krystalle von Salpeter. Auf die angegebene Weise entsteht salpetersaures Salz in den Ställen und in der gedüngten Ackererde durch das Ammoniak, das sich bei der Fäulniss der Excremente und des Düngers entwickelt, unter Mitwirkung des Kalkes der Mauern und des Ackerbodens; auf dieselbe Weise gelangt es in die Brunnen grösserer Städte, indem dieselben mit dem Erdreiche in Commu-

Salpeterbildung.

nication stehen, das besonders in der Nähe der Kloaken salpeterhaltig ist. Auf ähnliche Weise bildet es sich in den Salpeterhöhlen Ostindiens, indem die darin aufgehäuften Excremente von Fledermäusen etc. und das Kali des Bodens die Materialien hergeben. Eine fernere Bildung der Salpetersäure durch directes Zusammentreten ihrer Elemente ist vermittelst der Elektricität und poröser, alkalihaltiger Körper beobachtet worden. Die atmosphärische Luft besteht ebenfalls wie die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff. Lassen wir durch wasserhaltige atmosphärische Luft elektrische Funken schlagen, so erhalten wir salpetersaures Ammoniak. Dasselbe Salz finden wir in dem Regenwasser nach Gewittern, wobei es auf gleiche Weise durch den Blitz entstanden ist. Poröse Körper haben die Eigenschaft, Gase in grosser Menge in ihren Poren zu condensiren; sind in den porösen Körpern Basen enthalten, so prädisponiren dieselben häufig die Gasarten, sich chemisch mit einander zu verbinden. Dies scheint auch bei gewissen porösen natronhaltigen Thonschichten mit der atmosphärischen Luft der Fall zu sein; die Elemente derselben treten zu Salpetersäure zusammen, die mit der Base verbunden als salpetersaures Salz in der heissen Jahreszeit durch Capillarattraction auf die Oberfläche kommt und auswittert. Interessant ist das Factum, dass das durch Verwesung einer stickstoffhaltigen organischen Substanz erzeugte Salz oft einen grösseren Stickstoffgehalt besitzt, als die zur Erzeugung dienenden organischen Substanzen enthalten haben konnten; wahrscheinlich also wird die Salpetersäurebildung durch Verwesung eingeleitet, und mit Hülfe des Stickstoffs der atmosphärischen Luft fortgesetzt.

Gewinnung des Salpeters.

In Ländern, in welchen der Salpeter auswittert, ist die Gewinnung desselben sehr einfach; man laugt die salpeterhaltige Erde (Gayerde, Gaysalpeter, Kehrsalpeter) mit Wasser, oft unter Zusatz von Potasche, aus, um den in der Erde enthaltenen salpetersauren Kalk zu zersetzen, verdampft die Lauge und bringt dieselbe zur Krystallisation. Den Salpeterbildungsprocess der Natur ahmt man in den Salpeterplantagen künstlich nach, in denen man alle Bedingungen, welche die Salpeterbildung begünstigen, zu erfüllen sucht. Die Vortheile der Salpeterplantagen sind öfters übertrieben dargestellt worden; gegenwärtig ist man in den meisten Ländern des nördlichen Europas der Ansicht, dass es weit grösseren Nutzen bringe, das hierzu erforderliche Land, den Dünger und die Arbeitskraft dem Ackerbau zuzuwenden.

Als Materialien wählt man Erde mit starken Basen, namentlich kohlensauren Kalk, wie Mergel, Bauschutt, Holz-, Torf-, Braunkohlen-, Steinkohlenasche, Staub und Koth von Chausseen, Schlamm aus Stuben, Ställen, Städten, Schlamm aus Teichen und Schleussen, Kalkrückstände aus Soda-, Gas-, Papierfabriken, Bleichereien, Aschen und Kalk von Seifensiedern etc., und als Stickstofflieferer: düngerhaltige Materialien oder Dünger selbst, thierische Abfälle, wie Fleisch, Sehnen, Häute, Blut aller Art aus den Schlachthäusern und Wasenmeistereien, Rückstände aus chemi-

schen Fabriken, aus Gerbereien und Leimfabriken, von wollenen Lumpen aus Tuchfabriken; am geeignetsten sind die thierischen Substanzen, daher schichtet man auch nicht selten die frischen thierischen Abfälle mit Vegetabilien, namentlich mit solchen, welche, wie Kartoffelkraut, Runkelrübenblätter, Bilsenkraut, Nesseln, Sonnenblumen, Borretsch etc., Salpeter enthalten, und begiesst die Haufen von Zeit zu Zeit mit Jauche oder Gülle. Die Principien, welche man bei der zweckmässigsten Mischung der Erde zur Salpeterbildung zu befolgen hat, sind dieselben, welche in der neueren Zeit die Agriculturchemie zur Herstellung des Compostes kennen gelehrt hat.

Aus der präparirten Erde, Muttererde, welche man mit Stroh oder mit Reisig durchflicht, um der Luft möglichst allseitig Zutritt zu gestatten, bildet man auf einem geneigten, festgeschlagenen Lehmboden Haufen von 6 bis 7 Fuss Höhe von der Form einer abgestutzten Pyramide. Man kann auch in besonderen Haufen (Faulhaufen) die Fäulniss der thierischen Substanzen einleiten und die so erhaltene Masse mit der übrigen Erde mischen. Wenn die Salpetererde der Reife sich nähert, lässt man die Haufen austrocknen; es bildet sich dann an der Oberfläche eine zwei bis drei Zoll dicke Rinde, welche reicher ist an salpetersauren Salzen als die andere Masse, da sich durch Capillarwirkung die Lauge an die Oberfläche zieht und dort ihr Wasser verliert. Diese Kruste wird so oft abgekratzt, bis der Kern des Haufens der Luft zu wenig Oberfläche darbietet, wo er dann mit bereits ausgelaugter Erde umkränzt oder ganz abgetragen und neu aufgebaut wird.

In der Schweiz gewinnt man in mehreren Cantonen den Salpeter in den Ställen, welche in der Regel an Bergabhängen liegen, so dass blos der Eingang zu ebener Erde ist, während der gegenüberliegende Theil des Gebäudes einige Fuss höher ist als der Boden und auf Pfählen ruht. Auf diese Weise ist der gedielte Boden des Stalles vom Erdboden durch eine Luftschicht getrennt. Unter dem Stalle wird eine Grube von 2 bis 3 Fuss Tiefe gegraben; diese Grube füllt man mit einer porösen Erde, welche den erforderlichen Kalkgehalt hat, und tritt dieselbe fest. Diese Erde absorbirt den Harn der Thiere. Nach 2—3 Jahren nehmen die Salpetersieder in den leerstehenden Sommerstallungen die Bodenbretter ab, entfernen die Salpetererde aus der Grube und laugen dieselbe mit Wasser aus. Die Lauge wird in einer Hütte, in welcher ein Kessel in einem in die Erde gegrabenen Herde eingesenkt ist, versotten. Die ausgelaugte Erde kommt in die Ställe zurück. Es lohnt sich erst nach sieben Jahren, aus demselben Stall wieder Salpeter zu gewinnen. Ein einziger Stall soll 50 bis 200 Pfd. Rohsalpeter liefern, nach anderen Angaben kann sich der Ertrag bei einem Stalle auf 10 Centner belaufen. Die Lauge wird mit Asche und Aetzkalk versetzt, vom Bodensatze abgegossen, in der Siedehütte eingedampft und der Krystallisation überlassen. Man lässt die Krystalle in Körben abtropfen, verpackt sie in Säcke und versendet sie an die Raffiniranstalten der Pulvermühlen.

In Schweden, wo jeder Grundbesitzer zur Lieferung von Salpeter an die Behörde als Steuer verpflichtet ist, sind die salpeterbildenden Materialien in hölzerne Kästen oder Schuppen eingetragen, werden darin von Zeit zu Zeit mit Rindsharn übergossen und umgeschaufelt. Nach 2—3 Jahren ist die Erde reif.

Aus der Salpetererde wird der Kalisalpeter auf folgende Weise dargestellt:

*a*) die Erde wird mit Wasser ausgelaugt (Darstellung der Rohlauge);

*b*) die Lauge (Rohlauge) wird gebrochen, d. h. sie wird mit der Lösung eines Kalisalzes zusammengebracht, um den vorhandenen salpetersauren Kalk und die salpetersaure Magnesia in Kalisalpeter zu verwandeln (Brechen der Rohlauge);

*c*) die gebrochene Lauge wird abgedampft, um den Salpeter (Rohsalpeter) krystallisirt zu erhalten;

*d*) der Rohsalpeter wird geläutert oder raffinirt.

Darstellung der Rohlauge. Die siedewürdige Erde wird mit Wasser ausgelaugt, um die in Wasser löslichen Bestandtheile von den unlöslichen zu trennen. Hierbei ist das Auslaugen mit der geringsten Menge Wasser vorzunehmen, um später bei der Verdampfung an Brennmaterial zu ersparen. Laugen von 12 — 14 Proc. Gehalt sind siedewürdig.

Brechen der Rohlauge. Die Rohlauge (in Oesterreich Grundwasser genannt) enthält salpetersauren Kalk, salpetersaure Magnesia, salpetersaures Kali und Natron, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Chlorkalium, Ammoniaksalze und vegetabilische und thierische Substanzen.

Um die salpetersauren Salze der alkalischen Erden, welche sich in der Rohlauge vorfinden, in Kalisalpeter überzuführen, wird die Rohlauge gebrochen, d. h. es wird die Rohlauge mit einer Auflösung von 1 Th. Potasche in 2 Th. Wasser versetzt:

| | | |
|---|---|---|
| Salpetersaurer Kalk $CaO, NO_5$<br>Salpetersaure Magnesia $MgO, NO_5$<br>Potasche $2\,KO, CO_2$ | geben | Kalisalpeter $2\,KO, NO_5$<br>Kohlensauren Kalk $CaO, CO_2$<br>Kohlensaure Magnesia $MgO, CO_2$. |

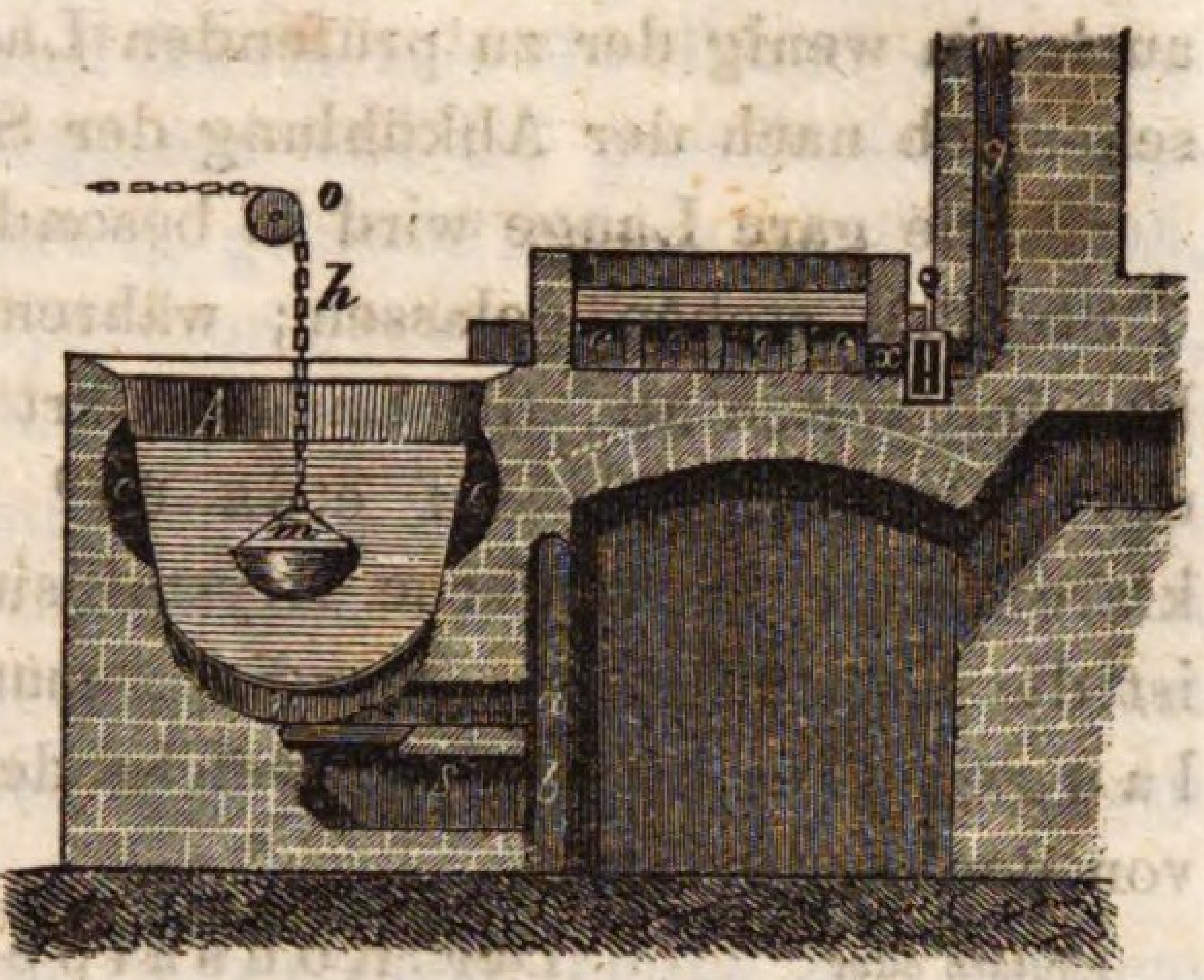
Zu gleicher Zeit werden auch die Chlorüre des Calciums und Magnesiums zersetzt und in Chlorkalium und kohlensauren Kalk und Magnesia zerlegt. Von der Potaschenlösung wird so lange zugesetzt, als noch ein Niederschlag in der Flüssigkeit sich bildet. Um einen Massstab für die Quantität der zuzusetzenden Potaschenlösung zu haben, macht man mit etwa $^1/_2$ Liter der Rohlauge eine vorläufige Probe, welche Menge Potaschenlösung zugesetzt werden muss, bis kein Niederschlag mehr entsteht.

Zuweilen wendet man zum Brechen der Rohlauge auch schwefelsaures Kali anstatt der Potasche an. Die Anwendung des schwefelsauren Kalis verlangt zuerst eine Zersetzung der Magnesiasalze der Rohlauge durch Kalkmilch und nachheriges Abdampfen; auf Zusatz von schwefelsaurem Kali scheidet sich sodann schwefelsaurer Kalk aus ($CaO, NO_5 + KO, SO_3 = KO, NO_5 + CaO, SO_3$). Auch bei der Anwendung von Chlorkalium zum Brechen der Lauge entfernt man zuerst die Magnesiasalze mittelst Kalkmilch. Hierauf setzt man zu der decantirten Flüssigkeit die erforderliche Quantität eines Gemenges von Chlorkalium und Glaubersalz nach gleichen Aequivalenten. Hierdurch wird der Kalk als Gyps niedergeschlagen; das entstandene salpetersaure Natron setzt sich mit dem Chlorkalium zu Kalisalpeter und Kochsalz um.

Versieden der Rohlauge. Die von dem aus kohlensauren Erden bestehenden Absatz klar abgegossene Rohlauge besteht aus einer Lösung von salpetersaurem Kali, Chlorkalium und Chlornatrium, kohlensaurem Ammoniak und

überschüssiger Potasche; ausserdem finden sich darin färbende Stoffe, jedoch weniger als vorher. Das Versieden der Lauge geschieht in grossen kupfernen Kesseln (Fig. 1), deren Anlage so gemacht ist, dass die Feuergase durch die den Kessel umgebenden Züge *c*, *c* unter die Vorwärmpfanne *D* und von da in den Schornstein *q* gehen. In einigen Fabriken benutzt man die entweichende Wärme noch zum Trocknen des Salpetermehls. In den Siedekessel lässt man durch einen Hahn so viel Rohlauge nachfliessen, als durch das Kochen Wasser entweicht. Am dritten Tage etwa fangen die Chlormetalle (Chlornatrium, Chlorkalium) an sich auszuscheiden, der Arbeiter muss nun Sorge tragen, dieselben nicht anbrennen zu lassen, was zu Explosionen oder mindestens zu Störungen des Betriebes Anlass geben könnte; zu diesem Zwecke wendet er eine hölzerne, keilförmig zugeschärfte Stange an, mit deren Hülfe er die bereits ausgeschiedenen festen Theile umrührt. Nach jedesmaligem Umrühren schöpft er das Lockergewordene mit einem kupfernen Siebe heraus. Da sich dessen ungeachtet an den Wandungen des Kessels Kesselstein ansetzt, so wendet man jetzt fast allgemein den Pfuhleimer, d. h. ein flaches Gefäss *m* an, welches man mittelst einer Kette *h* in die Mitte der Lauge ungefähr zwei Zoll vom Boden des Kessels herablässt. Der Pfuhleimer wird mit Backsteinen beschwert. Die ausgeschiedenen festen Theile setzen sich nämlich nicht sofort als Kesselstein ab, sondern bleiben einige Zeit in der Flüssigkeit suspendirt, indem sie von dem Boden des Kessels an den Wänden hinaufgetrieben werden, um von der Oberfläche in der Mitte wieder auf den Boden zu gelangen. Durch den Pfuhleimer wird nun das Herabfallen derselben auf den Boden verhindert, indem sich darin nach und nach alle festen Theile ansammeln. Da in dem Pfuhleimer kein Kochen stattfindet, so fallen auch die einmal hineingekommenen Theilchen nicht wieder heraus. Von Zeit zu Zeit wird dieses Gefäss emporgezogen und in einen über dem Kessel befindlichen, mit Löchern versehenen Kasten geleert, aus welchem die den festen Theilchen anhängende Lauge wieder in den Kessel zurückläuft. Das in dem Kessel Abgeschiedene besteht grösstentheils aus kohlensauren Erden und Gyps.

Fig. 1.




Nachdem ein Theil der Verunreinigungen durch den Pfuhleimer entfernt worden ist, enthält die Lauge häufig noch Chlornatrium. Da dieses Salz nicht gleich dem Salpeter in heissem Wasser leichter löslich ist als in kaltem, so krystallisirt es schon während des Abdampfens heraus. Man entfernt dann den Pfuhleimer aus der Lauge; das Chlornatrium scheidet sich

an der Oberfläche der Flüssigkeit und am Boden des Kessels aus und wird mit einem Schaumlöffel herausgenommen. Sobald das Kochsalz reichlich herauskrystallisirt, hat die Lauge die zum Krystallisiren erforderliche Stärke erreicht. Ist die Lauge in der That gar, so erstarrt ein Tropfen derselben, auf kaltes Metall gebracht, sogleich zu einer festen Masse. Man kann auch ein wenig der zu prüfenden Lauge in einen Blechlöffel schöpfen und sehen, ob nach der Abkühlung der Salpeter in Nadeln anschiesst.

Die gare Lauge wird in besondere Bottiche gebracht und darin 5 bis 6 Stunden stehen gelassen; während dieser Zeit setzen sich noch mehr Unreinigkeiten ab, die Lauge klärt sich und kühlt zum Theil aus. Ist die Abkühlung bis auf etwa 60° vorgeschritten, so schöpft man die klare Lauge in kupferne Krystallisirgefässe. Nach zweimal 24 Stunden ist die Krystallisation beendigt; man trennt nun die Mutterlauge (Altlauge, Hecklauge), welche dem nächsten Rohsieden zugesetzt wird, von den Krystallen.

**Läutern oder Raffiniren des Rohsalpeters.** Der Rohsalpeter (Salpeter vom ersten Sude) ist gelbgefärbt und enthält durchschnittlich 20 Procent zerfliessliche Chlormetalle, Erdsalze und Wasser. Die die Entfernung der Verunreinigungen bezweckende Operation nennt man das Läutern oder Raffiniren des Salpeters.

Das Raffiniren gründet sich darauf, dass der Salpeter in heissem Wasser sich weit leichter löst als die beiden Chlorüre Chlornatrium und Chlorkalium. Man bringt in einen Kessel 12 Centner (= 600 Liter) Wasser und löst darin 24 Centner Rohsalpeter bei gelinder Wärme auf; darauf erhitzt man die Lösung bis zum Sieden und trägt noch 36 Centner Rohsalpeter ein. Enthielt der Rohsalpeter 20 Procent Chloralkalien, so wird der Salpeter von der angewendeten Wassermenge in der Siedehitze gelöst, von den Chloralkalien bleibt dagegen ein Theil ungelöst zurück und wird aus dem Kessel herausgekrückt. Der auf der Oberfläche der Flüssigkeit sich zeigende Schaum wird mit einer Schaumkelle abgenommen. Darauf sucht man die noch nicht abgeschiedenen organischen Stoffe durch Leim niederzuschlagen. Gewöhnlich rechnet man auf 1 Centner Rohsalpeter 3 Quentchen Tischlerleim, welche in etwa 2 Liter Wasser aufgelöst werden. Damit keine Krystallisation des Salpeters eintrete, setzt man der Flüssigkeit so viel Wasser zu, dass die Totalmenge desselben 20 Centner (1000 Liter) betrage. Der Leim reisst alle in der Flüssigkeit schwimmenden Körper mit sich auf die Oberfläche, wodurch eine grosse Menge Schaum entsteht, der sofort abgenommen wird. Die Flüssigkeit wird nach dem Abschäumen etwa 12 Stunden auf der Temperatur von 88° erhalten und dann vorsichtig in die kupfernen Krystallisirbecken geschöpft, deren Boden nach der Mitte zu abschüssig ist und an dem einen Ende höher steht als an dem anderen. In diesen Becken kühlt sich die Lauge ab und es würden sich grosse Salpeterkrystalle bilden, wenn man dies nicht absichtlich durch fortwährendes Umrühren mit Krücken verhinderte,

wodurch Salpetermehl sich bildet. Das Salpetermehl kommt aus den Krystallisirbecken in die Waschgefässe, kleine Tröge von 10 Fuss Länge und 4 Fuss Breite, von der Gestalt der Auslaugekästen, jedoch mit einem Doppelboden versehen, von welchen der innere durchlöchert ist. Seitlich befinden sich zwischen den beiden Böden mit Zapfen zu verschliessende Löcher. Das Salpetermehl wird hierin mit 60 Pfund einer gesättigten Lösung reinen Salpeters übergossen und bei geschlossenen Zapfen 2 bis 3 Stunden damit in Berührung gelassen; dann zapft man ab, lässt abtropfen und wiederholt diese Operation zweimal, erst mit 60 Pfund, dann mit 24 Pfund Salpeterlösung, indem man nach jedem Aufguss der Salpeterlösung mit einer gleichen Menge Wasser nachwäscht. Die zuerst ablaufenden Waschwässer, welche die Chloralkalien enthalten, werden beim Raffiniren des Rohsalpeters zugesetzt, die letzten Waschwässer — fast reine Salpeterlösungen — werden bei den ersten Waschungen anderen Salpetermehls angewendet.

Nachdem man das ausgewaschene Salpetermehl einige Zeit auf dem Waschkasten gelassen hat, wird es in einer Trockenpfanne bei gelinder Wärme getrocknet, gesiebt und verpackt. In Preussen bringt man es aus dem Waschkasten in den sogenannten Aufschüttekasten und dann auf Trockentafeln, welche mit Leinwand überzogen sind.

Darstellung des Kalisalpeters aus Chilisalpeter.

In neuerer Zeit stellt man sehr häufig Kalisalpeter aus dem Chilisalpeter dar. Wendet man zum Zersetzen des Chilisalpeters Potasche an, so verfährt man nach Gentele auf folgende Weise: Von zwei Kesseln, welche übereinander stehen, enthält der obere Chilisalpeter, der untere eine äquivalente Menge Potasche. Sobald beide Lösungen sieden, lässt man die Lösung aus dem oberen Kessel in die Lösung in dem unteren fliessen. Es fällt sogleich kohlensaures Natron nieder, das man ausschöpft, so lange es sich zeigt. Die rückständige Lauge lässt man endlich in Krystallisirgefässe fliessen und bildet darin durch starkes Umrühren Salpetermehl, das wie gewöhnlich behandelt wird.

Wo Chlorkalium wohlfeil zu haben ist, zersetzt man den Chilisalpeter vortheilhaft durch dieses Salz. Man löst 1 Aequivalent Chilisalpeter und 1 Aequivalent Chlorkalium in der geringsten Menge siedenden Wassers; beim Erkalten krystallisirt der Salpeter heraus, während das Kochsalz in der Flüssigkeit aufgelöst zurückbleibt.

Prüfung des Salpeters.

Prüfung des Salpeters. Reiner Salpeter erstarrt nach vorsichtigem Schmelzen zu einer weissen Masse, die auf dem Bruche grobstrahlig ist. Eine Verunreinigung von $^1/_{80}$ Chlornatrium macht den Bruch schon etwas körnig, bei $^1/_{40}$ ist der Kern schon nicht mehr strahlig und weniger durchsichtig, und bei $^1/_{30}$ ist das Strahlige nur noch an den Kanten zu bemerken. Das Nämliche geschieht durch eine Verunreinigung mit salpetersaurem Natron. Diese Methode (von G. Schwartz) benutzt die Behörde in Schweden, wo jeder Grundbesitzer verpflichtet ist, eine gewisse Menge Salpeter jährlich an den Staat abzugeben. — Andere

Methoden, wie die von Riffault, Huss und Gay-Lussac sind theils zeitraubend, theils für die Praxis nicht geeignet. Die Methode von Riffault beruht auf der Eigenschaft einer gesättigten Salpeterlösung, bei der Temperatur, bei welcher sie gesättigt ist, noch Chlornatrium aufnehmen zu können. Die Methode des k. k. Obersten Huss gründet sich darauf, dass eine bestimmte Menge Wasser nur eine bestimmte Menge Salpeter bei einer gewissen Temperatur gelöst enthalten kann. Man hat daher nur nöthig, durch Versuche zu ermitteln, bis zu welcher Temperatur Salpeterlösungen von verschiedener Concentration abgekühlt werden müssen, damit Salpeter sich auszuscheiden beginne; aus dieser Temperatur lässt sich der Gehalt an reinem Salpeter berechnen. Die beste Methode, den raffinirten Salpeter, der zur Schiesspulverfabrikation angewendet werden soll, auf Chlormetalle (Kochsalz) zu prüfen, besteht darin, eine Lösung desselben mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zu versetzen. Es darf dadurch keine oder nur eine sehr geringe Trübung und kein Niederschlag erfolgen.

G. Werther bedient sich sehr zweckmässig zur Ermittelung des Chlorgehaltes, so wie des Schwefelsäuregehaltes titrirter Lösungen von salpetersaurem Silberoxyd und salpetersaurem Baryt. Die Lösungen sind so abgestimmt, dass jeder Theilstrich der Silberlösung 0,004 Gr. Chlor und jeder Theilstrich der Barytlösung 0,002 Gr. Schwefelsäure entspricht. Man kann nun entweder in derselben Lösung zuerst den Chlor- und hierauf sogleich den Schwefelsäuregehalt ermitteln, oder man kann in zwei besonderen Gläsern in verschiedenen Proben Chlor und Schwefelsäure bestimmen.

Chemisch reiner Kalisalpeter darf mit kohlensaurem Kali, Chlorbarium, salpetersaurem Silberoxyd und metantimonsaurem Kali keinen Niederschlag geben. Zieht Salpeter Feuchtigkeit aus der Luft an, so ist dies ein Zeichen, dass er beim Schmelzen, wenn ein solches stattgefunden hat, zu stark erhitzt und theilweise zerstört worden ist.

Anwendung des Kalisalpeters. Der Salpeter wird zu den mannichfaltigsten Zwecken angewendet; seine Hauptanwendungen sind folgende:

1) zur Fabrikation des Schiesspulvers; 2) zur Darstellung der englischen Schwefelsäure und der Salpetersäure; 3) in der Glasfabrikation zum Reinigen der Glasmasse; 4) als Oxydations- und Flussmittel bei verschiedenen Metallarbeiten; als Flussmittel verwendet man häufig ein Gemenge von Salpeter mit Weinstein (zweifach weinsaurem Kali), welches Gemenge zuweilen vorher erhitzt wird. Erhitzt man ein Gemenge von 1 Theil Salpeter mit 2 Theilen Weinstein, so entsteht der schwarze Fluss, d. i. ein Gemenge von kohlensaurem Kali mit feinzertheilter Kohle. Erhitzt man gleiche Theile Salpeter und Weinstein, so erhält man den weissen Fluss, d. i. ein Gemenge von kohlensaurem Kali mit unzersetztem Salpeter. Beide Vorschriften werden in den Gewerben häufig benutzt; da aber der Salpeter bei der ersten Vorschrift sämmtlichen Sauerstoff, bei der zweiten einen Theil desselben einbüsst, so ist es einleuchtend, dass der schwarze Fluss zweckmässiger durch Mengen von Potasche mit Russ, der weisse Fluss durch Mengen von Potasche mit etwas Salpeter dar-

gestellt werden kann. Der schwarze Fluss wird benutzt, wenn Metalle nur umgeschmolzen werden sollen, der weisse dagegen, wenn sich ein Theil der Metalle oxydiren soll; 5) zum Einpökeln des Fleisches neben Kochsalz und zuweilen auch Zucker; 6) zur Bereitung des Schnellflusses und Knallpulvers. Der Schnellfluss von Baumé ist ein Gemenge von 3 Theilen Salpeter, 1 Theil Schwefelpulver und 1 Theil Sägespänen (am besten von harzreichem Holze); bringt man in dieses Gemenge eine Silber- oder Kupfermünze, so schmilzt diese, weil sich leicht schmelzbare Schwefelmetalle (Schwefelsilber und Schwefelkupfer) bilden. Das Knallpulver ist ein Gemisch von 3 Theilen Salpeter, 2 Theilen kohlensaurem Kali und 1 Theil Schwefel, welches in einem Blechlöffel über der Lampe erhitzt, heftig explodirt, indem es durch seine ganze Masse hindurch auf einmal zersetzt wird und grosse Quantitäten von Gas sich entwickeln:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Salpeter} & 3\,KO, NO_5 \\ \text{Potasche} & 2\,KO, CO_2 \\ \text{Schwefel} & 5\,S\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Stickstoffgas } 3\,N \\ \text{Kohlensäuregas } 2\,CO_2 \\ \text{schwefelsaures Kali } 5\,KO, SO_3\end{array}\right.$$

7) als Düngemittel in der Landwirthschaft; 8) zur Darstellung vieler chemischer und pharmaceutischer Präparate.

Der Natronsalpeter. Der Natronsalpeter (salpetersaures Natron, kubischer Salpeter, Chilisalpeter $NaO, NO_5$ findet sich im District Atacama und Tarapaca, nicht weit vom Hafen Yquique in Peru (drei Tagereisen von Conception) in Lagern von wechselnder Dicke (2 bis 3 Fuss) in einer Erstreckung von mehr als 30 Meilen, mit Thon bedeckt. Die Lager bestehen fast ganz aus reinem, trocknen, harten Salz und liegen fast unmittelbar unter der Oberfläche des Erdreiches. An andern Orten in Peru bildet der Natronsalpeter, der über Valparaiso, den Hauptstapelplatz des in Peru und Chile gewonnenen Salpeters, als Chilisalpeter nach Europa gebracht wird, den Hauptgemengtheil einer sandigen Ablagerung, welche an einzelnen Stellen bis zur Oberfläche der Erde herauftritt, während sie an anderen Stellen bis zu einer Tiefe von höchstens acht Fuss unter der Bodenfläche liegt. Der ungereinigte Chilisalpeter stellt eine aus krystallinischen Bruchstücken bestehende, meist bräunlich oder gelblich gefärbte, etwas feuchte Masse dar, indessen kommt dieses Salz auch durch Auflösen in Wasser und Eindampfen der Lösung bis zur Trockne ganz oder halb gereinigt in den Handel. Er lässt sich nicht zur Fabrikation des Schiesspulvers benutzen, da er Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, dagegen verwendet man ihn zur Darstellung der Salpetersäure und des Kalisalpeters; in neuerer Zeit hat er in Folge seiner günstigen Wirkung auf das Wachsthum der Halmfrüchte eine wichtige Anwendung in der Agricultur als Düngemittel erhalten.

In dem Chilisalpeter sind kleine Mengen von Jod in Gestalt von Jodnatrium und jodsaurem Natron enthalten, welches sich in den Mutterlaugen, die man beim Reinigen des Chilisalpeters durch Umkrystallisiren erhält, ansammelt. In neuerer Zeit hat man daraus das Jod zu gewinnen

gesucht. Grüneberg erhielt aus der Mutterlauge von 1000 Ctr. 36 Loth Jod. Da der krystallisirte Chilisalpeter nur Spuren von Jod enthält, während die Mutterlauge sehr reich daran ist, so hat Jacquelain vorgeschlagen, den Chilisalpeter im rohen Zustande, so wie er in Südamerika als Gestein sich findet, nach Europa zu importiren und hier die Reinigung vorzunehmen.

Barytsalpeter. Der Barytsalpeter (salpetersaurer Baryt), BaO, $NO_5$ bildet farblose, durchsichtige und luftbeständige Octaëder und löst sich nicht in Alkohol, Salzsäure und Salpetersäure, schwer in Wasser.

Man erhält den Barytsalpeter auf folgende Weise: 1) Man übergiesst kohlensauren Baryt (Witherit) mit 4—5 Theilen Wasser, erhitzt bis zum Sieden und setzt Salpetersäure hinzu, so lange als noch Aufbrausen stattfindet; man filtrirt die Flüssigkeit siedend heiss und lässt durch Abkühlen den Barytsalpeter herauskrystallisiren, den man durch Abwaschen und Umkrystallisiren vollständig reinigt; 2) man zersetzt das durch Reduction von Schwerspath mit Kohle erhaltene Schwefelbarium durch Salpetersäure; obgleich diese Methode vortheilhaft erscheint, so hat sie doch den Nachtheil, dass der Barytsalpeter mit kleinen Mengen von salpetersaurem Ammoniak verunreinigt ist, das sich durch gegenseitige Einwirkung von Schwefelwasserstoff und Salpetersäure bildete; 3) man erhält ihn durch Zersetzen einer Auflösung von 4 Theilen Chlorbarium in 8 Theilen heissem Wasser, mit einer Auflösung von 3 Theilen Chilisalpeter in 3 Theilen heissem Wasser; es scheidet sich beim Erkalten Barytsalpeter aus, während Kochsalz in Lösung bleibt; 4) am einfachsten und billigsten erhält man den Barytsalpeter nach der gewöhnlichen Methode der Salpeterbildung aus kohlensaurem Baryt und zersetzenden Thiersubstanzen; es ist hierbei darauf zu sehen, dass die Salpetererde möglichst frei von Kalk sei.

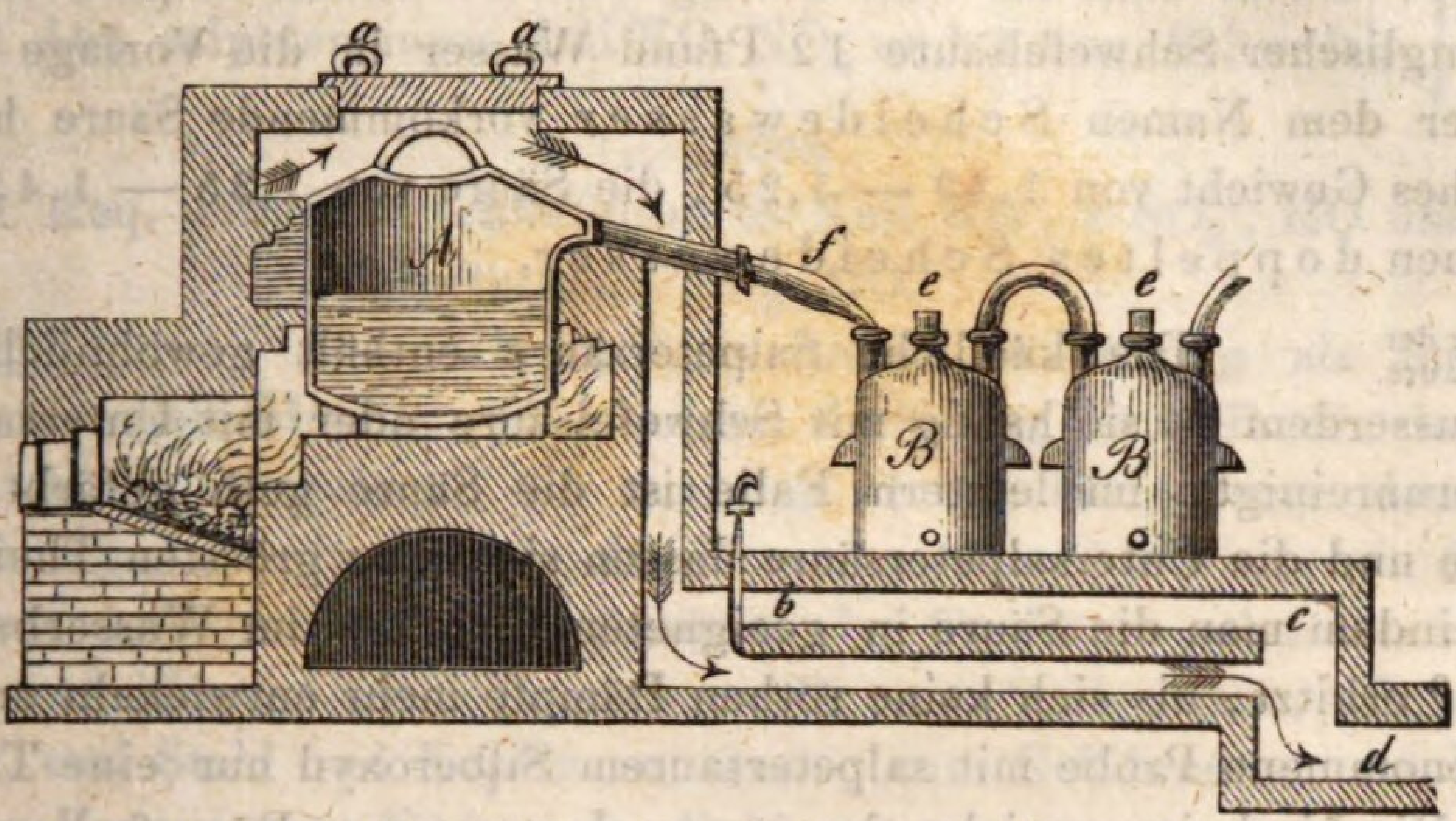
Ich habe in neuerer Zeit vorgeschlagen, in gewissen Fällen den theuren Kalisalpeter durch den billigen Barytsalpeter zu ersetzen, so unter anderen bei der Bereitung des Schiesspulvers, der Zündholzmasse, zum Reinigen der Glasmasse. Die Luftbeständigkeit und der Umstand, dass der Barytsalpeter kein Krystallwasser enthält, sind für seine künftige Benutzung wichtige Momente.

## Die Salpetersäure oder das Scheidewasser.

Salpetersäure. Gewinnung derselben. Die Salpetersäure oder das Scheidewasser ($NO_5$, HO) wird durch Zersetzen des Salpeters (Natron- oder Kalisalpeter) mittelst Schwefelsäure erhalten. Sie besteht, wie schon bei dem Salpeter erwähnt wurde, aus Stickstoff und Sauerstoff und wird nur in Verbindung mit Wasser angewendet. Im Grossen stellt man das Scheidewasser dar, indem man in einen gusseisernen Kessel *A* (Fig. 2) durch die obere Oeffnung das salpetersaure Salz einführt und mit Hülfe eines Trichters Schwefelsäure auf das Salz giesst, den Kessel verschliesst und durch eine mit Lehm ausgefütterte eiserne Röhre mit dem gläsernen Retortenhalse *f* verbindet, der in die als Vorlage dienende steinerne Flasche *B* einmündet. Die Flasche in *B* steht durch ein Rohr mit andern ähnlichen Flaschen in Verbindung, in welchen die in der ersten Flasche nicht condensirten Dämpfe aufgefangen werden. Der Kessel wird durch den darunter befindlichen Heerd erhitzt, der Rauch entweicht durch den Rauchfang *b c d*. Die in den ersten Flaschen enthaltene Säure ist für

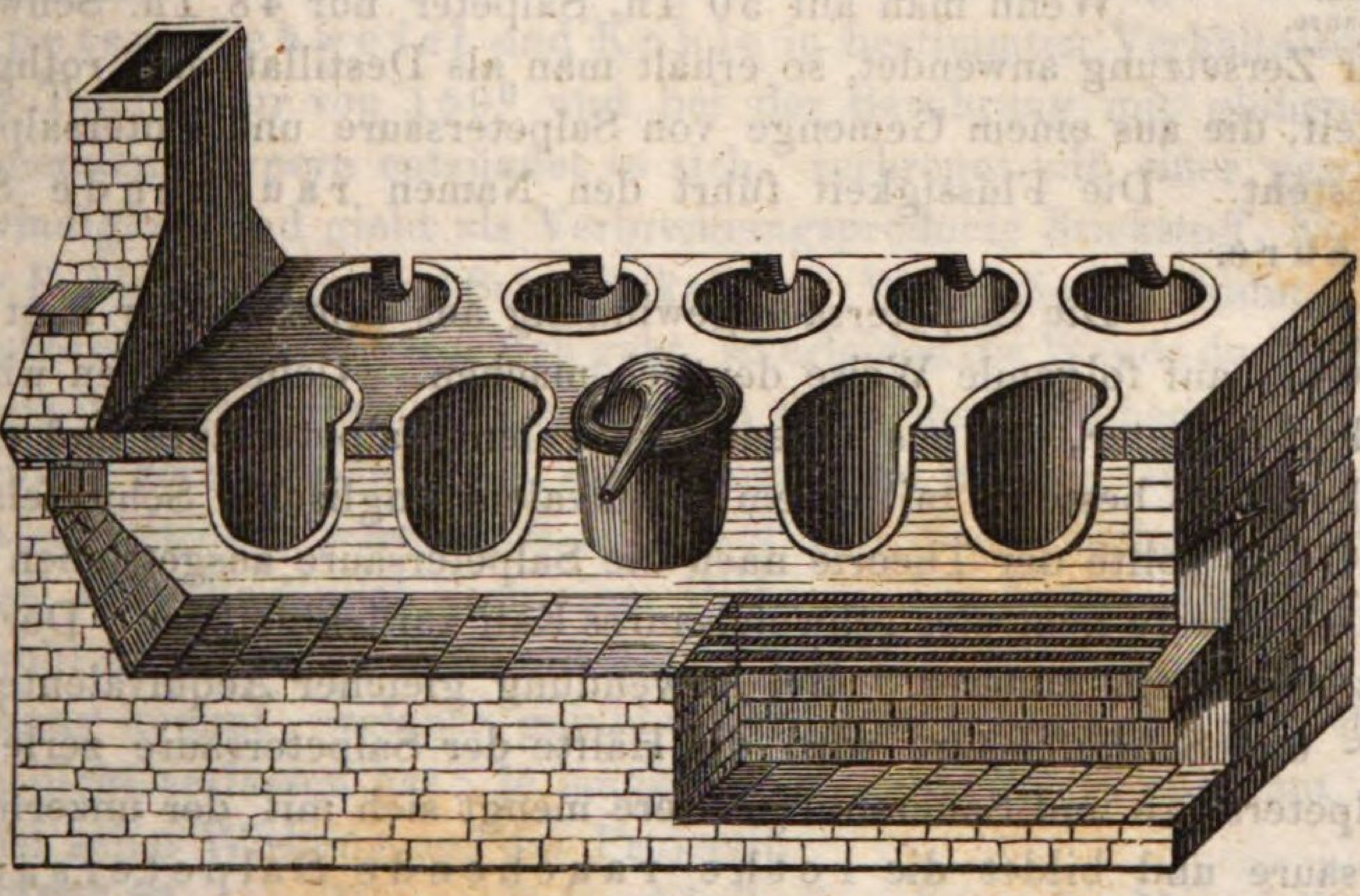
den Verkauf hinlänglich stark, während die spätern, in welche zur bessern Condensation der Dämpfe Wasser durch die Oeffnung *e* eingegossen wor-

Fig. 2.




den war, eine schwächere Säure, das gewöhnliche Scheidewasser, enthalten. In einzelnen Fabriken benutzt man zur Destillation der Salpetersäure sogenannte Galeerenöfen, wobei man die Salpetersäure aus gläsernen Retorten destillirt. Die Bauart dieser Oefen ist aus umstehender Figur 3 ersichtlich. Beabsichtigt man chemisch reine Salpetersäure zu er-

Fig. 3.



halten, so stellt man die zuerst bei der Destillation übergehende Portion als salzsäurehaltig bei Seite. Die anzuwendenden Mengen betragen bei Anwendung von gewöhnlichem Salpeter auf 30 Pfund dieses Salzes 29 Pfund englische Schwefelsäure, und bei Anwendung von salpetersaurem Natron auf 17 Pfund des Salzes $14\frac{2}{3}$ Pfund der Säure. Die auf diese Weise erhaltene Säure ist das erste Hydrat der Salpetersäure; es erscheint als eine farblose, durchsichtige Flüssigkeit von 1,55 specifischem Gewichte, die bei 80° siedet; in 100 Theilen besteht dieses Hydrat

aus 85,7 Th. wasserfreier Salpetersäure und 14,3 Th. Wasser. Die stärkste im Handel vorkommende Säure hat ein specifisches Gewicht von 1,4; man erhält sie, indem man bei Anwendung von 30 Pfund Salpeter und 29 Pfund englischer Schwefelsäure 12 Pfund Wasser in die Vorlage giesst. Die unter dem Namen Scheidewasser vorkommende Säure hat ein specifisches Gewicht von 1,19 — 1,25; die Säure von 1,35 — 1,45 führt den Namen doppeltes Scheidewasser.

Reinigung der Salpetersäure. Die käufliche Salpetersäure enthält gewöhnlich Salzsäure, ausserdem ist sie häufig mit Schwefelsäure oder mit Untersalpetersäure verunreinigt; im letztern Falle ist die Säure gelb gefärbt. Die Salzsäure und die Untersalpetersäure lassen sich zum grössten Theile entfernen, indem man die Säure in geeigneten Flaschen im Wasserbade bei 80—90° erhitzt, bis sich keine rothen Dämpfe mehr entwickeln und eine herausgenommene Probe mit salpetersaurem Silberoxyd nur eine Trübung giebt. Die hierbei entweichenden untersalpetersauren Dämpfe lassen sich mit Vortheil bei der Schwefelsäurefabrikation anwenden. Von der Schwefelsäure befreit man die Salpetersäure durch Destillation über salpetersauren Baryt, und von den letzten Spuren von Salzsäure durch Destillation über salpetersaures Silberoxyd. Die aus Chilisalpeter dargestellte Salpetersäure ist stets jodhaltig.

Rauchende Salpetersäure. Wenn man auf 50 Th. Salpeter nur 48 Th. Schwefelsäure zur Zersetzung anwendet, so erhält man als Destillat eine rothgelbe Flüssigkeit, die aus einem Gemenge von Salpetersäure und Untersalpetersäure besteht. Die Flüssigkeit führt den Namen rauchende Salpetersäure.

Theorie der Salpetersäuregewinnung. Die Salpetersäuregewinnung aus dem Salpeter lässt sich auf folgende Weise deutlich machen. Uebergiessen wir ein Aequivalent Salpeter, das aus einem Aequivalent Salpetersäure und einem Aequivalent Kali besteht, mit einem Aequivalent englischer Schwefelsäure ($SO_3$, HO), so sollte der Theorie nach die Salpetersäure ausgetrieben werden und es müsste neutrales schwefelsaures Kali zurückbleiben. Der Vorgang ist indess ein anderer. Bei Anwendung gleicher Aequivalente von Salpeter- und Schwefelsäure wird die Hälfte der Salpetersäure zerlegt in Untersalpetersäure und Sauerstoff, erstere mengt sich mit der unzerlegten Salpetersäure und bildet die rothe rauchende Salpetersäure:

$$\text{2 Aeq. salpeters. Kali}\left\{\begin{matrix}KO, NO_5\\ KO, NO_5\end{matrix}\right. \text{und 2 Aeq. Schwefelsäure}\left\{\begin{matrix}SO_3, HO\\ SO_3, HO\end{matrix}\right.$$

geben

$$\text{2 Aeq. schwefels. Kali}\left\{\begin{matrix}KO, SO_3\\ KO, SO_3\end{matrix}\right. \text{und} \begin{matrix}\text{rauchende Sal-}\\ \text{petersäure}\end{matrix}\left\{\begin{matrix}NO_5, HO\\ NO_4, HO\end{matrix}\right\} + O.$$

Wendet man zur Zersetzung des Salpeters zwei Aequivalente Schwefel-

säure an (30 : 29), so erhält man die sämmtliche Menge der Salpetersäure und in der Retorte bleibt zweifach schwefelsaures Kali zurück:

1 Aeq. salpetersaures Kali KO, $NO_5$ und 2 Aeq. Schwefels. $\left\{\begin{array}{l} SO_3, HO \\ SO_3, HO \end{array}\right.$

geben

1 Aeq. zweifach schwefelsaures Kali KO, 2 $SO_3$, HO und 1 Aeq. Salpetersäure $NO_5$, HO.

Anwendung der Salpetersäure. Die Salpetersäure findet Anwendung als Auflösungsmittel für viele Metalle, eine solche Auflösung ist z. B. die des Quecksilbers in Salpetersäure, die von den Hutmachern unter dem Namen Secretage zum Bearbeiten der Haare angewendet wird; sie dient ferner zur Fabrikation der Schwefelsäure, der Oxalsäure, des Dextrins, des Knallquecksilbers, der Schiessbaumwolle, um Seide, Horn, Holz gelb zu färben, und Stahl und Kupfer zu ätzen, zum Gelbbrennen des Messings und der Bronze, zum Färben des Goldes u. s. w.

## Das Schiesspulver und chemische Principien der Feuerwerkerei.

Schiesspulver. Allgemeines. Das Schiesspulver ist ein inniges Gemenge von Salpeter, Schwefel und Kohle in bestimmten Verhältnissen. Bei einer Temperatur von 150° und bei der Berührung mit glühenden oder brennenden Körpern entzündet es sich, verbrennt mit einer gewissen Geschwindigkeit und giebt als Verbrennungsproducte Stickstoff, Kohlensäure oder Kohlenoxydgas und Schwefelkalium. Wenn die Entzündung in einem verschlossenen Gefässe vor sich geht, so erleiden die Wände durch die grosse Menge der sich entwickelnden heissen Gase einen solchen Druck, dass sie unfehlbar zerreissen würden, wenn nicht, wie in dem Geschütz, die Einrichtung getroffen wäre, dass ein Theil der Wand nachgiebt. Auf diese Weise wird die Kugel nach einer Richtung hin fortgeschleudert. Dabei ist wohl zu beachten, dass nur derjenige Theil der entwickelten Gase zur Wirkung kommt, welcher gebildet wird, so lange die Kugel den Lauf noch nicht verlassen hat; je langsamer also ein Pulver abbrennt, je geringer ist seine Wirkung auf das Projectil.

Fabrikation des Schiesspulvers. Die zur Pulverfabrikation dienenden Materialien müssen von der grössten Reinheit sein, der Salpeter darf keine Chlormetalle, der Schwefel keine schweflige Säure enthalten, deshalb wendet man nie Schwefelblumen, sondern stets Stangenschwefel an. Die grösste Aufmerksamkeit ist auf die Wahl der Kohle zu verwenden. Zur Darstellung der Kohle verwendet man Pflanzen, die eine vorzüglich ausgebildete Bastfaser besitzen, wie Flachs und Hanf. Von Bäumen wählt man mehrjährige Zweige, deren Durchmesser ungefähr 1, 6—3 Zoll beträgt. In dem grössten Theil von Deutschland, Frankreich und Belgien verkohlt man hauptsächlich Faul-

baumholz (Prunus Padus), aber auch Holz der Pappel, Linde, Erle, Weide, Rosskastanie, in England schwarze Corneliuskirsche und Erle, in Italien nur Hanf, in Spanien Hanf, Flachs, Weinreben, Weiden, Oleander und Taxus, in Oesterreich Hundsbeer-, Haselstrauch oder Erle; diese Vegetabilien eignen sich, wegen ihrer leichten Zerreiblichkeit, am besten zur Pulverfabrikation. Alle die genannten Substanzen geben bei der Verkohlung, die man in Cylindern, die denen der Gasanstalten ähnlich sind, in Gruben, in Kesseln, mittelst erhitzten Wasserdampfes, vornimmt, ungefähr 35 bis 40 Proc. Kohle. Wenn bei der Verkohlung des Holzes die möglichst niedrige Temperatur angewendet worden ist, so erhält man eine röthlich braune, glatte, mit vielen Querrissen versehene Kohle, die Rothkohle (charbon roux). Die durch Erhitzen in Cylindern gewonnene Kohle bezeichnet man ziemlich unpassend, zum Unterschied von anderer, durch Verkohlen von Holz in Gruben erhalten, mit dem Namen destillirte Kohle.

Reiben und Mengen der Materialien.

Die mechanische Bereitung des Schiesspulvers zerfällt in: 1) das Pulverisiren der Materialien; 2) das Mischen derselben; 3) das Anfeuchten des Pulversatzes; 4) das Verdichten desselben; 5) das Körnen und Sortiren des Pulvers; 6) das Poliren desselben; 7) das Trocknen und 8) das Ausstäuben des Pulvers.

Das Pulverisiren der Materialien.

Das Pulverisiren oder Zerkleinern der Materialien kann auf dreierlei Weise geschehen, entweder

a) durch die Pulverisirtrommeln, oder
b) durch Walzmühlen, oder endlich
c) durch Stampfmühlen.

a) das Zerkleinern der Materialien mit Hülfe der Pulverisirtrommeln wurde zuerst am Ende des vorigen Jahrhunderts in Folge des ausserordentlichen Bedarfs an Schiesspulver durch die französischen Revolutionskriege angewendet. Es eignet sich dieses Verfahren (Revolutionsverfahren) sehr gut zum Pulverisiren der Pulverbestandtheile, indem es bequem ist, fördert und keinen Staub erzeugt. Die dazu angewendeten Trommeln bestehen aus zwei starken Holzscheiben, welche durch Bretter zu einem hohlen Cylinder verbunden sind. Im Innern befinden sich vorspringende Leisten, durch welche die herabfallenden Kugeln aufgehalten werden. Die Trommel ist inwendig mit Leder überzogen. Man bringt die zu pulverisirende Substanz mit einer gewissen Anzahl bronzener Kugeln von $^1/_4$ Zoll Durchmesser in die Trommel, die auf einer Axe ruht, und um dieselbe drehbar ist.

Man pulverisirt nun Kohle und Schwefel (jeden dieser Körper für sich), da der in Gestalt von Salpetermehl erhaltene Salpeter schon die nöthige Feinheit besitzt.

b) Die Zerkleinerung durch Walzmühlen mit vertical auf einem Bodensteine umlaufenden schweren Walzen ist gegenwärtig sehr gebräuchlich.

c) Die Zerkleinerung durch Stampfmühlen geschieht gegenwär-

tig nur noch in kleineren Fabriken. Die Stampfen, von denen in der Regel 10—12 in einer Reihe nach einander durch eine Daumenwelle gehoben werden, sind von Holz (Ahorn- oder Weissbuchenholz) und mit einem Schuh aus Bronze versehen. Die Stampfen haben bei einer Länge von 8 Fuss ein Gewicht von ungefähr 1 Centner und machen in der Minute 40 bis 60 Stösse. Die Stampflöcher sind in einem Troge von Eichenholz (dem Grubenstock) birnenförmig ausgemeisselt. In jedem Loche stampft man 16 bis 20 Pfund Substanz auf einmal. In der Schweiz wendet man anstatt der Stampfen Hämmer an.

Das Mengen der Materialien und das Anfeuchten des Satzes.

Das Mengen der gepulverten Materialien geht in den Mengtrommeln vor sich, welche sich von den Pulverisirtrommeln dadurch unterscheiden, dass sie aus Leder bestehen. Das Mengen dauert mit 200 Pfund Satz und 300 Pfund Bronzekugeln etwa 3 Stunden bei 10 Umdrehungen in der Minute. In den Fabriken, in denen man Walzmühlen oder Stampfmühlen anwendet, schliesst sich das Mengen sofort an das Pulverisiren an. Der Satz wird mit 1—2 Proc. Wasser befeuchtet, was gewöhnlich durch eine an der Axe der Walze angebrachte und mit einem Ventil versehene Giessvorrichtung bewerkstelligt wird. Eine salbenähnliche Beschaffenheit deutet die Vollendung des Mengens an. Man verbindet zuweilen das Pulverisiren der Kohle und des Schwefels in Trommeln mit dem Mengen des Satzes in Walzmühlen.

Bei Anwendung von Stampfmühlen werden Schwefel und Kohle, welche vorher für sich durch 1000 Stösse zerkleinert worden sind, mit dem Salpeter gemischt und eine Zeit lang bearbeitet. Nach 2000 und später nach 4000 Stössen wird der Inhalt der Stampflöcher ausgewechselt, es werden wieder 4000 Stösse gegeben u. s. f., bis nach Verlauf von elf Stunden 40,000 Stösse gegeben worden sind. Man wiederholt das Auswechseln des Inhalts 6—8 mal.

Dort, wo man sich der Trommeln zum Mengen der Materialien bedient, folgt auf das Mengen die Operation des Anfeuchtens. Zu diesem Zwecke kommt der trockne Satz aus den Trommeln in einen hölzernen Kasten, über welchem sich ein siebähnlich durchlöchertes Rohr befindet, durch welches von Zeit zu Zeit der Satz mit Wasser besprengt wird, bis derselbe, wobei mit einem Holzspatel wiederholt umgerührt wird, 8—10 Procent Wasser enthält.

Das Verdichten des Satzes.

Wenn, wie erwähnt, in den Stampfmühlen das Verdichten mit dem Mengen zusammenfällt, so ist bei Anwendung von Trommeln und Walzmühlen eine besondere Operation, das Verdichten des Satzes nothwendig. In den französischen und preussischen Pulvermühlen geschieht die Verdichtung durch Zusammenpressen des Satzes zwischen zwei Walzen von 2 Fuss Durchmesser, von welchen die untere von Holz, die obere von Bronze ist. Zwischen beiden Walzen bewegt sich ein Tuch ohne Ende, auf welches an der einen Seite der befeuchtete Satz gelegt wird. Auf der anderen Seite kommt derselbe als Pulver-

kuchen von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll Dicke und dem Ansehen und fast der Härte des Thonschiefers heraus.

Die Operation des Verdichtens ist für die Eigenschaften des Pulvers von grosser Wichtigkeit. Je stärker der dabei angewendete Druck ist, desto mehr wirksame Bestandtheile, bis zu einer gewissen Grenze, befinden sich in einem bestimmten Volumen und desto grösser ist die bei der Zersetzung entwickelte Gasmenge. Je grösser die Zusammenpressung ist, desto langsamer zersetzt sich das Pulver, desto niedriger ist die Temperatur und demnach auch die Ausdehnung der Gase. War das Pulver dagegen nur einem sehr schwachen Drucke ausgesetzt, so wird das Pulver in seiner ganzen Masse plötzlich zersetzt und wirkt explodirend.

Das Körnen des Pulverkuchens und das Sortiren des Pulvers.

Das Körnen des Pulverkuchens geschieht entweder
1) durch Siebe, oder
2) durch Walzen (Congreve'sche Methode), oder
3) nach dem Verfahren von Champy.

Die Körnmethode in Sieben geschieht auf folgende Weise: Die Siebe selbst bestehen aus runden hölzernen Rahmen, zwischen welchen mit Löchern versehenes Pergament eingespannt ist. Die Löcher haben verschiedene Dimensionen.

Man unterscheidet die Siebe je nach der Grösse ihrer Löcher und dem Zwecke, wozu sie gebraucht werden, als Schrotsiebe, welche zum Zerbröckeln oder Schroten des verdichteten Pulverkuchens dienen; es wird ein Läufer (eine linsenförmige Scheibe) aus hartem Holz (Guajakholz, Vogelbeer- oder frisches Eichenholz) auf das Sieb gelegt und letzteres und der Läufer durch Schütteln bewegt. Durch die zweite Art der Siebe, das Kornsieb (grenoir), wird dem geschroteten Pulver die erforderliche Grösse des Kornes ertheilt; durch die dritte Art endlich, das Sortir- oder Staubsieb (égalisoir), werden die gleich grossen Körner von den übrigen und der Staub von dem gekörnten Pulver gesondert. Man wendet in deutschen und französischen Fabriken häufig die Körnmáschine von Lefebvre mit acht Sieben an, die in einen achteckigen Holzrahmen eingesetzt sind.

Die Congreve'sche Körnmaschine besteht aus drei Paar Messingwalzen von 2 Fuss Länge und 6 Zoll Durchmesser, welche mit 3 Linien hohen, flachen, vierseitigen Pyramiden (sogenannten Diamantspitzen) versehen sind. Die obersten Walzen sind grobzähniger als die anderen. Der geschrotete Pulverkuchen wird dem obersten Walzenpaare durch ein Tuch ohne Ende zugeführt. Die Art der Beschickung des Tuches ist eigenthümlich: der Boden des viereckigen Kastens, in welchem der Pulverkuchen sich befindet, kann nämlich nach Art eines Kolbens sich senken und heben; nachdem dieser Kasten mit verdichtetem Pulverkuchen gefüllt ist, steigt der Boden, durch die Maschine in Bewegung gesetzt, langsam aufwärts und lässt aus einer seitlichen Oeffnung die Pulvermasse gleichmässig auf das Tuch fallen. Indem das geschrotete Pulver zwischen den Walzen hindurchgeht, wird es gekörnt und fällt dann auf zwei Systeme von

Sieben aus Drahtgeflecht, welche durch die Maschine, welche sie fortbewegt, zugleich eine rüttelnde Bewegung erhalten. Unter den Walzenpaaren liegt ein langes, geneigtes Sieb, dessen Maschen so eng sind, dass sie das Kanonenpulver nicht, wol aber das Musketenpulver und den Staub hindurchlassen. Unter ihm in paralleler Lage befindet sich ein zweites feines Sieb, welches nicht das Musketenpulver, sondern nur den Staub hindurchfallen lässt. Unter diesem endlich liegt ebenfalls geneigt der Boden des Siebapparates, auf welchem der Staub sich ansammelt.

Die Quantität des Staubes ist bei der Congreve'schen Körnmaschine verhältnissmässig eine geringe, da durch diese Maschine nur eine zerbröckelnde, aber keine zerknirschende Wirkung auf den Pulverkuchen ausgeübt wird.

Das Verfahren von Champy. In der ersten französischen Revolution machte sich das Bedürfniss eines schnelleren Verfahrens der Darstellung des Pulvers und vorzugsweise der Operation des Körnens fühlbar. Man erreichte ein schnelleres Körnen und zugleich ein rundes Pulver durch das Verfahren von Champy. Der dabei angewendete Apparat besteht in einer hölzernen Trommel, durch deren hohle Axe ein mit feinen Löchern versehenes Kupferrohr mitten in der Trommel mündet. Durch dieses Rohr strömt Wasser als ein feiner Regen in den Pulversatz. Die Trommel wird um ihre Axe bewegt. Jedes Wassertröpfchen bildet den Mittelpunkt eines Pulverkornes, welches unablässig in dem feuchten Pulversatze sich herumbewegt und sich auf diese Weise abrundet und durch concentrische Schichten einem Schneeball ähnlich sich vergrössert. Das Rotiren der Trommel wird eingestellt, sobald die Körner die erforderliche Grösse erreicht haben. Die Körner sind fast vollkommen kugelförmig, aber nicht von gleicher Grösse. Durch Sieben sortirt man die Körner von einander und von dem Staube. Die zu grossen Körner werden aufs Neue pulverisirt. Die zu feinen Körner wendet man dagegen bei der nächsten Operation an, welches, indem es den Kern bildet, sehr leicht grössere Körner giebt.

Nach dem Berner Verfahren stellt man runde Pulverkörner dar, indem man das gekörnte eckige Pulver in Barchentsäcken sich drehen lässt, wodurch die eckigen Körner sich abrunden und zugleich glätten. Durch diese Methode wird ein grosser Theil des Pulvers in Staub verwandelt.

Das Poliren des gekörnten Pulvers.

Das Poliren, Glätten oder Schleifen des gekörnten Pulvers hat zum Zweck, nicht nur die Körner von allem Staub zu befreien, sondern deren Oberfläche zu glätten. Zu diesem Behufe bringt man etwa 4 Centner gekörntes Pulver in eine Trommel, wie sie zum Pulverisiren der Materialien und zum Mengen des Pulversatzes angewendet wird, und lässt die Trommel, natürlich ohne Kugeln und Leisten, einige Stunden sich langsam um ihre Axe drehen.

In anderen Ländern bedient man sich zum Glätten des Pulvers länglicher Tonnen (Rollfässer), welche mit Hülfe einer durch die Axe gehenden Welle umgedreht werden können. Man vermehrt die Reibung der

Pulverkörner dadurch, dass in dem Fasse in der Richtung der Axe viereckige Stäbe angebracht sind. Der in Holland gebräuchliche Zusatz von Graphit während des Polirens ist nachtheilig, indem er die Leichtentzündlichkeit auf Kosten des Glanzes verringert.

Trocknen des Pulvers.

In kleinen Pulvermühlen setzt man das Pulver, in dünne Schichten ausgebreitet, zum Trocknen der Luft oder der Sonnenwärme aus, auch bedient man sich daselbst eines in der Mitte des Trockenraumes stehenden Ofens, welcher im Zimmer selbst geheizt wird, während das Pulver auf Horden an den Wänden ausgebreitet liegt. In grösseren Pulverwerken wendet man künstliche Trocknungsmethoden an.

Es ist für die Qualität des Pulvers wichtig, dass das Trocknen nur langsam geschehe, ausserdem treten noch folgende Nachtheile ein:

a) es zieht sich aus dem Pulver, besonders wenn dasselbe sehr feucht und nicht polirt ist, mit dem entweichenden Wasser Salpeter auf die Oberfläche und die Körner backen sehr zusammen;

b) es entstehen durch den entweichenden Wasserdampf Kanäle in den Körnern, welche deren Dichte verringern und eine grössere Oberfläche hervorbringen, demnach auch die Ursache einer grösseren Hygroskopie werden;

c) ein schnell getrocknetes Pulver liefert mehr Abgang beim Ausstäuben.

Aus diesen Gründen wird selbst in Pulverwerken, in denen künstliche Trocknungsmethoden angewendet werden, das Pulver vorher in luftigen und warmen Räumen einer kurzen Lufttrocknung unterworfen.

Ausstäuben des getrockneten Pulvers.

In einigen Fabriken wird das Pulver nach beendigter Trocknung in der erwähnten Trommel nochmals eine kurze Zeit polirt. In anderen und zwar in den meisten Fabriken lässt man das zweite Poliren weg und beschliesst mit dem Ausstäuben die Fabrikation des Pulvers. Diese Operation geht in schräg aufgehängten Säcken oder Schläuchen von Zwillich vor sich, welche durch eine einfache Vorrichtung in rüttelnde Bewegung versetzt werden, wodurch der Staub durch die feinen Oeffnungen des Zwillichs geht, das Pulver aber in einen Kasten fällt. Der Abgang beim Ausstäuben beträgt ungefähr 0,143 Procent vom Gewichte des angewendeten Pulvers; er ist reicher an Kohle als das Schiesspulver und darf daher nicht zu neuem Satze hinzugegeben werden.

Eigenschaften des Pulvers.

Ein gutes Pulver muss, ausser der zweckmässigen Zusammensetzung, gewisse physikalische Eigenschaften haben, aus welchen man einen Schluss auf seine Güte ziehen kann. Diese Eigenschaften sind folgende: 1) Es muss schieferfarbig (blaugrauschwarz) sein; eine blos bläulichschwarze Farbe deutet auf ein zu grosses Verhältniss an Kohle, eine zu schwarze Farbe auf vorhandene Feuchtigkeit. Wurde bei der Fabrikation anstatt der schwarzen Kohle Röstkohle (charbon roux) angewendet, so hat das Pulver eine bräunlichschwarze Farbe; 2) es darf nicht glänzend polirt sein: einzelne schimmernde Punkte auf der Oberfläche deuten auf Salpeter, der sich dort durch Krystallisation ausgeschieden hat; 3) die Körner müssen nahezu gleiche Grösse haben, wenn das Pulver nicht absichtlich ein Gemenge von zweierlei Sorten ist; 4) die Körner müssen beim Drücken in der Hand gleichsam knirschen;

sie müssen so fest sein, dass sie sich mit den Fingern in der flachen Hand nicht leicht zerreiben lassen; 5) die Körner müssen nach dem Zerdrücken einen unfühlbaren Staub bilden; scharfe Theile, die durch das Gefühl darin unterschieden werden, deuten auf nicht hinlänglich fein gepulverten Schwefel; 6) das Pulver darf nicht abfärben, wenn man es über den Handrücken oder über Papier rollen lässt, sonst enthält es Mehlpulver oder zu viel Feuchtigkeit; 7) ein kleines Häufchen Pulver auf weissem Papier entzündet muss schnell verbrennen, ohne einen Rückstand zu hinterlassen und ohne das Papier zu entzünden; schwarze Flecken deuten auf zu viel oder schlecht gemengte Kohle; sieht man nach dem Abbrennen des Pulvers auf dem Papier gelbe Streifen, so ist dasselbe mit dem Schwefel der Fall; bleiben keine Körner zurück, so ist das Pulver nicht gut gemengt; lassen sich diese Körner nicht weiter entzünden, so enthält es unreinen Salpeter, ein Fall, der gegenwärtig kaum noch vorkommt; brennt das Pulver endlich Löcher in das Papier, so ist es feucht oder von sehr untergeordneter Qualität.

Dass Pulversorten von gleichem kubischen Gewichte nicht gleiches specifisches Gewicht haben, lehrt nach Werther folgende Tabelle. Es hatten:

| | 1 Kubikfuss (preuss.) in Pfunden. | Spec. Gewicht. |
|---|---|---|
| Geschützpulver von Neisse (ordin.) | 60 | 1,77 |
| „ „ „ (neue Fabrik) | 60 | 1,67 |
| „ „ Berlin (neue Fabrik) | 60 | 1,63 |
| „ „ Russland (ord.) | $60^5/_{16}$ | 1,56 |
| „ „ Bern (Nr. 6) | $59^3/_8$ | 1,67 |
| Gewehrpulver von Berlin (neue Fabrik) | 60 | 1,63 |
| „ „ Bern (Nr. 4) | $60^5/_8$ | 1,67 |
| „ „ Hounslow | 59 | 1,72 |
| Pürschpulver von Berlin (alte Fabrik) | 62 | 1,77 |
| „ „ Le Bouchet | $59^1/_4$ | 1,87 |
| Sehr grobkörn. Pulver, niederländ. (ord.) | $60^3/_{16}$ | 1,87 |
| „ „ „ österreichisches | $64^3/_8$ | 1,72 |

Das Pulver kann über 14 Proc. Feuchtigkeit aus der Luft absorbiren. Hat es nicht mehr als 5 Procent absorbirt, so erhält es durch das Trocknen seine frühere Wirksamkeit wieder; enthält es aber mehr Feuchtigkeit, so verliert es die Eigenschaft, rasch zu verbrennen und beim Trocknen überziehen sich die einzelnen Körner mit einer Salpeterkruste, wodurch die gleichförmige Mischung und folglich auch die Wirksamkeit des Pulvers leidet. Selbst gutes, anscheinend trocknes Pulver enthält wenigstens 2 Procent Wasser.

Das Pulver lässt sich durch Stoss und Temperaturerhöhung entzünden. In Bezug auf die Entzündlichkeit des Schiesspulvers durch Schlag und Stoss hat man gefunden, dass am leichtesten durch den Schlag von

Eisen auf Eisen, von Eisen auf Messing, von Messing auf Messing eine Entzündung vor sich gehe, minder leicht von Blei auf Blei, von Blei auf Holz, am wenigsten leicht von Kupfer auf Kupfer oder von Kupfer auf Bronze. Wird trocknes Pulver schnell einer Temperatur von 300° C. ausgesetzt, so verpufft es. Ganz dasselbe geht vor sich, wenn auch nur an einem kleinen Theile eines Pulverquantums die nöthige Temperaturerhöhung bewirkt wird, wie es der Fall ist bei der Berührung mit der Lunte oder dem glühenden Stahlstückchen des Feuerstahls oder endlich der Flamme des explodirenden Knallquecksilbers. Es wird gegenwärtig als ausgemacht angesehen, dass unter den Pulverbestandtheilen die Kohle zuerst Feuer fängt und darauf die Entzündung auf die übrigen Materialien überträgt.

Was die zuerst von Hearder beobachtete Nichtentzündlichkeit des Pulvers unter dem Recipienten einer Luftpumpe durch einen glühend gemachten Platindraht betrifft, so hat Schrötter gefunden, dass Schiesspulver, welches sich im Vacuum der Luftpumpe befindet, mit der Spirituslampe rasch erhitzt, immer explodirt.

Zusammensetzung des Schiesspulvers.

Das Schiesspulver besteht ziemlich genau aus gleichen Aequivalenten salpetersaurem Kali und Schwefel, und 3 Aequivalenten Kohle, demnach in 100 Theilen aus:

74,84 Salpeter,
11,84 Schwefel,
13,32 Kohle (Nr. I.).

Mit dieser Zusammensetzung stimmt die der besten Jagd- und Flintenpulver überein. Die ordinären oder Sprengpulver enthalten auf gleiche Aequivalente Salpeter und Schwefel 6 Aequivalente Kohle, mithin in 100 Theilen:

66,03 Salpeter,
10,45 Schwefel,
23,52 Kohle (Nr. II.).

Producte der Verbrennung.

Bunsen und Schischkoff fanden ein Jagd- und Scheibenpulver zusammengesetzt aus:

| | | |
|---|---|---|
| Salpeter | | 78,99 |
| Schwefel | | 9,84 |
| Kohle | Kohlenstoff | 7,69 |
| | Wasserstoff | 0,41 |
| | Sauerstoff | 3,07 |
| | Asche | Spuren |
| | | 100,00 |

Der Pulverrückstand bestand aus

| | |
|---|---|
| schwefelsaurem Kali | 56,62 |
| kohlensaurem Kali | 27,02 |
| unterschwefligsaurem Kali | 7,57 |
| Schwefelkalium | 1,06 |
| Kalihydrat | 1,26 |
| Schwefelcyankalium | 0,86 |

| | |
|---|---|
| Salpeter | 5,19 |
| Kohle | 0,97 |
| kohlensaurem Ammoniak | Spuren |
| Schwefel | Spuren |
| | 100,55 |

Aus dieser Analyse folgt, dass der Pulverrückstand wesentlich aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kali und nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, aus Schwefelkalium besteht. Für den Pulverdampf wurde folgende Zusammensetzung gefunden:

| | |
|---|---|
| schwefelsaures Kali | 65,29 |
| kohlensaures Kali | 23,48 |
| unterschwefligsaures Kali | 4,90 |
| Schwefelkalium | — |
| Kalihydrat | 1,33 |
| Schwefelcyankalium | 0,55 |
| Salpeter | 3,48 |
| Kohle | 1,86 |
| Ammoniaksesquicarbonat | 0,11 |
| Schwefel | — |
| | 100,00 |

Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass der Pulverrauch im Wesentlichen die Zusammensetzung des Pulverrückstandes besitzt, dass darin der Schwefel und Salpeter des Pulvers etwas vollständiger zu schwefelsaurem Kali verbrannt sind und statt des fehlenden Schwefelkaliums kohlensaures Ammoniak auftritt.

Die gasförmigen Verbrennungsproducte zeigten folgende Zusammensetzung in 100 Raumtheilen:

| | |
|---|---|
| Kohlensäure | 52,67 |
| Stickstoff | 41,12 |
| Kohlenoxyd | 3,88 |
| Wasserstoff | 1,21 |
| Schwefelwasserstoff | 0,60 |
| Sauerstoff | 0,52 |
| Stickoxydul | — |
| | 100,00 |

Die festen Verbrennungsproducte (Rückstand und Rauch), die sich bei vorstehenden Gasen bildeten, bestanden aus

| | |
|---|---|
| schwefelsaurem Kali | 62,10 |
| kohlensaurem Kali | 18,58 |
| unterschwefligsaurem Kali | 4,80 |
| Schwefelkalium | 3,13 |
| Schwefelcyankalium | 0,45 |
| salpetersaurem Kali | 5,47 |
| Kohle | 1,07 |
| Schwefel | 0,20 |
| Ammoniaksesquicarbonat | 4,20 |
| | 100,00 |

Die Umsetzung, welche das Schiesspulver beim Abbrennen erleidet, lässt sich durch folgendes Schema ausdrücken:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Grm. Pulver | Salpeter 0,789 | | giebt | Rückstand 0,680 | $KO, SO_3$ | 0,422 | |
| | Schwefel 0,098 | | | | $KO, CO_2$ | 0,126 | |
| | Kohle | C 0,076 | verbrannt | | $KO, S_2O_2$ | 0,032 | |
| | | H 0,004 | | | $KS$ | 0,021 | |
| | | O 0,030 | | | $KC_2NS_2$ | 0,003 | |
| | | | | | $KO, NO_5$ | 0,037 | |
| | | | | | C | 0,007 | |
| | | | | | S | 0,001 | |
| | | | | | $2\,NH_4O, 3\,CO_2$ | 0,028 | |
| | | | | | | Grm. | Kubikcentim. |
| | | | | Gase 0,314 | N | 0,099 | = 79,40 |
| | | | | | $CO_2$ | 0,201 | = 101,71 |
| | | | | | CO | 0,009 | = 7,49 |
| | | | | | H | 0,0002 | = 2,34 |
| | | | | | SH | 0,0018 | = 1,16 |
| | | | | | O | 0,0014 | = 1,00 |
| | | | | 0,994 | | | 193,10 |

Das Schiesspulver ist durch keine andere bekannte Substanz zu ersetzen, da andere ähnliche Stoffe, wie Knallquecksilber, chlorsaures Kali u. s. w. zu schnell explodiren und das Geschütz unfehlbar zertrümmern, andere Stoffe, wie die Schiessbaumwolle, unter den Zersetzungsproducten Wasser und salpetrige Säure erzeugen, die auf die Wände des Geschützes und auf den nachfolgenden Schuss von grossem Einflusse sind.

Pulverprobe. Um die Kraft des Schiesspulvers zu messen, die bei gleichen Bestandtheilen von der mechanischen Bearbeitung abhängig ist, bedient man sich der Probemörser, der Stangenprobe und der Hebelprobe. Ersterer besteht aus einem bronzenen Mörser, der eine Kugel von $58\frac{6}{10}$ Pfund (29,3 Kilogramm) unter einem Winkel von 45° durch eine Ladung von 92 Gr. des Pulvers fortschleudert. Die Bohrung des Mörsers hat 191 Millimeter im Durchmesser und 239 Millimeter

Tiefe. Das Pulver muss die Kugel 225 Meter weit schleudern. Sehr gutes Pulver trägt 250, ja 260 Meter weit. Die Stangenprobe besteht aus einem vertikal liegenden Mörser, der durch 22—25 Gr. Pulver ein Gewicht von 5 Pfunden hebt, das sich zwischen gezähnten Stangen bewegt. Aus der Höhe, bis zu welcher das Gewicht gehoben wird, lässt sich auf die Güte des Pulvers ein Schluss ziehen. Die Hebelprobe ist ein gleicharmiger Winkelhebel, an dessen vertikalem Ende ein Gewicht, und an dessen horizontalem Ende ein Mörser befindlich, der mit einer gewissen Quantität Pulver geladen wird; ein vorhandener Gradbogen giebt den tiefsten Stand des Hebels und auch den Winkel an, bis zu welchem er herabgedrückt wurde. Gewöhnliches Jagdpulver zeigt $12^0$, feinstes aber $14^0$. Jeder Grad drückt die Wirkung eines Kilogrammes aus, welches zum Wiederaneinandernähern beider Hebelarme erforderlich ist.

Analyse des Schiesspulvers. Die Analyse des Schiesspulvers wird auf die Weise vorgenommen, dass man aus einer gewogenen Menge des bei $80—90^0$ getrockneten Schiesspulvers den Salpeter mit Wasser auszieht, den aus Kohle und Schwefel bestehenden Rückstand wägt, denselben mit schwefligsaurer Natronlösung kocht, wodurch der Schwefel unter Bildung von unterschwefliger Säure entfernt wird, und das Gewicht der zurückbleibenden Kohle bestimmt. Genauer geschieht die Bestimmung des Schwefels und der Kohle, wenn man 1,5—2 Gr. des getrockneten Pulvers mit Salpetersäure unter Zusatz von etwas chlorsaurem Kali bis zum vollständigen Verschwinden des Pulvers, d. h. bis zur vollständigen Oxydation des Schwefels und der Kohle erhitzt, aus der mit Wasser verdünnten Lösung die Schwefelsäure mittelst Chlorbarium fällt und aus der Quantität des schwefelsauren Baryts (y) die Menge des Schwefels (x) berechnet:

$$116,6 : 16 = y : x$$

Die Quantität der Kohle ergiebt sich aus dem Verlust*).

Feuerwerkerei, chemische Principien derselben. Chemische Principien der Feuerwerkerei. Unter dem Namen Feuerwerkssätze versteht man in der Artillerietechnik und in der Lustfeuerwerkerei gewisse Mischungen von brennbaren Körpern wie Kohle, Schwefel u. s. w., mit Sauerstoff abgebenden, d. h. die Verbrennung unterhaltenden Körpern, von welchen letzteren hauptsächlich der Salpeter und das chlorsaure Kali Anwendung finden. Diese Mischungen sollen je nach dem Zweck, den sie zu erfüllen haben,

*) In der neueren Zeit ist von Augendre eine neue Art von Schiesspulver zusammengesetzt worden. Es besteht aus 1 Th. krystallisirtem Blutlaugensalz, 1 Th. weissem Zucker, 2 Th. chlorsaurem Kali. Die Bestandtheile werden einzeln gepulvert, dann mit der Hand gemischt und auf gewöhnliche Weise gekörnt und getrocknet. Dieses Pulver ist weiss und hat vor dem gewöhnlichen Pulver folgende Vorzüge: Es besteht aus unveränderlichen Substanzen; die Fabrikation erfordert weniger Zeit; der Staub hat dieselbe Wirkung wie das gekörnte Pulver. Ein Nachtheil dieses neuen Pulvers liegt darin, dass es die eisernen Läufe stark oxydirt, wodurch sich sein Gebrauch auf Bronzeläufe und zum Füllen der hohlen Projectile beschränkt.

unter grösserer oder geringerer Gas-, Licht-, und Wärmeentwickelung bald schneller, bald minder schnell verbrennen. Je nach ihrer Bestimmung, nennt man diese Mischungen Brandsätze, Zündsätze, Leuchtsätze u. s. w.

Das Princip, das bei einer rationellen Anfertigung von Feuerwerkssätzen befolgt werden soll, ist, dass man von den Materialien keinen Ueberschuss weder der brennbaren Körper, noch der Verbrennungsunterhalter, und von den zur Verbrennung nichts beitragenden, fremden, jedoch unvermeidlichen Substanzen, wie z. B. von den die pulverförmigen Sätze zusammenhaltenden Bindemitteln, nur die unumgänglich nothwendige Quantität, anwende. Es lässt sich theoretisch sehr leicht ermitteln, in welchem Gewichtsverhältniss die brennbaren Körper und die Verbrennungsunterhalter unter einander zu mischen seien. So wäre es z. B. bei der Mischung von Salpeter und Schwefel behufs eines Feuerwerkssatzes, unzweckmässig, auf ein Aequivalent Salpeter ein Aequivalent Schwefel (1), oder auf ein Aequivalent Salpeter vier Aequivalente Schwefel (2) anzuwenden; im letzteren Falle hätte man zu viel des brennbaren Körpers, im ersteren Falle zu viel des Verbrennungsunterhalters angewendet:

(1) S kann aus KO, $NO_5$ höchstens 3 O aufnehmen, daher bleiben 3 O unbenutzt.

(2) 4 S und KO, $NO_5$ geben entweder K S und 2 $SO_3$, oder ein Gemenge von KO, $SO_3$, K S und $SO_2$; in beiden Fällen ist Schwefel übrig, der unbenutzt bleibt.

In vielen Fällen sind wir aber nicht im Stande, theoretisch die Art der Zersetzung der Feuerwerkssätze anzugeben, weil die Verwandtschaftskraft der in den Sätzen in Wechselwirkung tretenden Körper von den bekannten Gesetzen abweicht, je nachdem Nebenumstände, die theoretisch noch nicht ermittelt sind, auf den Zersetzungsprocess ihren Einfluss ausüben. Die zweckmässigsten Mischungsverhältnisse können bis jetzt nur durch Versuche ermittelt werden. Erst dann, wenn man die constant auftretenden Zersetzungsproducte der Feuerwerkssätze erkannt und gewisse Fragen bezüglich der Wärmeentwickelung bei der Verbrennung der brennbaren Körper in den Sätzen zu verschiedenen Oxydationsstufen, und bezüglich der specifischen Wärme beantwortet haben wird, erst dann wird man im Stande sein zur Beurtheilung des Werthes und der Wirksamkeit eines Satzes chemische Grundsätze anzuwenden.

Bei der Beurtheilung der Mischungsverhältnisse aus alter Zeit traditionell überlieferter Feuerwerkssätze hat sich gezeigt, dass die der Theorie am besten entsprechende Zusammensetzung mancher Sätze schon ehemals durch Versuche richtig ermittelt war. Die meisten aber haben die durch die wissenschaftlichen Principien erforderlichen Veränderungen erlitten. Zuweilen behält man indessen auch alte Sätze bei, welche die Wissenschaft nicht zu rechtfertigen vermag, welche sich aber in der Anwendung gut bewähren.

Die gebräuchlichsten Feuerwerkssätze. Die am häufigsten angewendeten Sätze bestehen aus Salpeter, Schwefel und Kohle, und zwar in dem Verhältniss wie im Schiesspulver, oder mit Ueberschuss von Schwefel und Kohle. Gewisse Sätze enthalten anstatt des Salpeters oder neben demselben chlorsaures Kali und gewisse Salze, welche letztere nicht zur Verbrennung wesentlich sind, sondern der Mischung während des Brennens ein lebhaftes Licht, oder eine bestimmte Färbung ertheilen. Hierher gehören die Signal- und Leuchtsätze.

Schiesspulver. Feuerwerkssätze, die bei schneller Verbrennung grosse Quantitäten von Gas und stark treibende Kraft entwickeln sollen, enthalten vorzugsweise Schiesspulver. Will man eine verhältnissmässig langsame Verbrennung erzielen, so wendet man das Pulver in nicht gekörntem Zustande, als Mehlpulver und mehr oder minder stark zusammengepresst, wie z. B. in den Raketen an. Beabsichtigt man dagegen eine plötzliche Verbrennung des Schiesspulvers, wie z. B. in den Kanonenschlägen, so wendet man gekörntes Pulver an.

Salpeterschwefel. Der Salpeterschwefel ist ein Gemisch von 1 Aeq. Salpeter (75 Gewichtsth.) und 2 Aeq. Schwefel (25 Gewichtsth.), das als Hauptbestandtheil für diejenigen Sätze angewendet wird, welche langsamer verbrennen und zu gleicher Zeit starkes Licht entwickeln sollen. Für sich allein ist der Salpeterschwefel keiner Anwendung fähig, weil er nicht die zu seinem Fortbrennen nothwendige Wärme entwickelt, ferner als treibende Kraft nicht benutzt werden kann, da er im günstigsten Fall nur 1 Aeq. schweflige Säure zu liefern im Stande ist:

$$KO, NO_5 + 2\ S = KO, SO_3 + SO_2,$$

d. i. auf 1 Volumen der Mischung nur etwa 7,28 Volumen Gas. Aus diesen Gründen vermischt man den Salpeterschwefel entweder mit Kohle oder mit Mehlpulver. Ein solches Gemisch, das sich durch die Praxis be-

Grauer Satz. währt hat und den Namen grauer Satz führt, besteht aus 93,46 Proc. Salpeterschwefel und 6,54 Mehlpulver. Dieses Gemisch wird als Grundmischung für andere Sätze benutzt, die langsam verbrennen und dabei intensives Licht entwickeln sollen. Bezüglich der Lichtentwickelung ist der graue Satz eine vorzügliche Mischung, weil sich bei der Verbrennung desselben ein nicht flüchtiges und unschmelzbares Salz, schwefelsaures Kali, bildet, das in der Flamme der verbrennenden Mischung zum Glühen gebracht wird. Alle Leuchtsätze, die bei ihrer Verbrennung farbiges Licht erzeugen sollen, müssen nach jenem Princip angefertigt sein, und namentlich muss das Salz, welches die Färbung erzeugen soll, bei der Temperatur der Verbrennung des Satzes noch feuerbeständig sein.

Mischungen von chlorsaurem Kali. Das chlorsaure Kali, $KO, ClO_5$ giebt im Gemisch mit brennbaren Körpern seinen Sauerstoff vollständig, leichter und mit grösserer Schnelligkeit als der Salpeter ab. Man benutzt daher dieses Salz als Gemengtheil zu Sätzen, bei denen schnelle Entzündlichkeit und schnelle Verbrennung in Betracht kommen. Ein Gemisch von chlorsaurem

Kali (80 Gewichtsth. = KO, Cl $O_5$) mit Schwefel (20 Gewichtsth. = 2 S), Chlorkalischwefel genannt, wurde früher als Zusatz zu den schnell verbrennlichen Theilen solcher Feuerwerkssätze benutzt, welche aus langsamer verbrennlichen Salzen bestanden. Ein Gemenge von Schwefel, Kohle und chlorsaurem Kali stellt ein sehr wirksames Percussionspulver dar.

Frictions-Zündsatz. Ein Gemenge von gleichen Gewichtstheilen Schwefelantimon und chlorsaurem Kali wird ausschliesslich zur Zündung gebraucht; es ist durch Reibung, Schlag und Stoss entzündlich und findet zur Entzündung des Schiesspulvers mittelst der sogenannten Schlagröhren in groben Geschützen Anwendung.

Satz zu Zündnadelgewehren. Der Satz zu Zündnadelgewehren besteht entweder aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon oder aus einer Knallquecksilbermischung. Folgende Vorschrift liefert ein gutes Präparat: 16 Th. chlorsaures Kali, 8 Th. Schwefelantimon, 4 Th. Schwefelblumen, 1 Th. Kohlenpulver werden mit etwas Gummiwasser oder Zuckerwasser angefeuchtet, worauf man noch fünf Tropfen Salpetersäure hinzusetzt. Von diesem Satz befindet sich eine kleine Menge (die Zündpille) an der Patrone. Die Reibung einer im Augenblicke des Abdrückens schnell vorwärts geschobenen stählernen Nadel bewirkt die Entzündung des Satzes.

Brandsätze. Die Brandsätze bestehen wesentlich aus Mehlpulver und grauem Satz, und gewissen organischen Substanzen wie Pech, Harz, Theer, die sich leicht entzünden und leicht verbrennlich sind, zu ihrer vollständigen Verbrennung jedoch eine viel längere Zeit brauchen, als die am langsamsten verbrennenden Feuerwerkssätze. Die Temperatur, die sich bei der Verbrennung der Sätze erzeugt, ist eine viel höhere, als die zum Entzünden von Holz erforderliche, sie ist aber zu schnell vorübergehend, um eine Entwickelung der brennbaren Gase aus dem Holze, die zum Fortbrennen desselben nothwendig ist, zu bewirken. Eine längere Zeit währende Hitze, erzeugen nur jene organischen Substanzen, indem sie, durch den Feuerwerkssatz entzündet, Kohlenwasserstoffe entwickeln, welche die Entzündung von Holz und ähnlichen brennbaren Körpern bewirken.

Farbige Feuer. Von den Salzen, die zu farbigen Feuern Anwendung finden, sind es die salpetersauren Verbindungen des Baryts, Strontians und des Natrons, so wie das schwefelsaure Kupferoxydammoniak. Das sogenannte Kaltgeschmolzenzeug, aus grauem Satz, Mehlpulver und Schwefelantimon, die unter Branntwein zusammengerührt werden, bestehend, wird zum weissen Feuer benutzt. Die in der Kriegsfeuerwerkerei gebräuchlichen Mischungsverhältnisse sind folgende, für 100 Theile berechnet:

| | Grün | Roth | Gelb | Blau | Weiss |
|---|---|---|---|---|---|
| Chlorsaures Kali | 32,7 | 29,7 | — | 54,5 | — |
| Schwefel | 9,8 | 17,2 | 23,6 | — | 20 |
| Holzkohle | 5,2 | 1,7 | 3,8 | 18,1 | — |
| Salpetersaur. Baryt | 52,3 | — | — | — | — |
| „ Strontian | — | 45,7 | — | — | — |
| „ Natron | — | — | 9,8 | — | — |
| Schwefels. Kupferoxyd-Ammoniak | — | — | — | 27,4 | — |
| Salpeter | — | — | 62,8 | — | 60 |
| Schwefelantimon | — | 5,7 | — | — | 5 |
| Mehlpulver | — | — | — | — | 15*) |

Unter den die Farbe ertheilenden Salzen sind selbstverständlich diejenigen die vorzüglichsten, deren Säure durch Sauerstoffabgabe den Verbrennungsprocess zu unterstützen im Stande ist. In dieser Beziehung würden die chlorsauren Salze der die Färbung ertheilenden Basen die vortheilhaftesten sein, da die Chlorsäure ihren Sauerstoff leichter und vollständiger abgiebt als die Salpetersäure. Der Anwendung dieser Salze stehen aber mehrere Hindernisse entgegen: sie werden theils an der Luft leicht feucht, theils zersetzen sie sich ausserordentlich leicht, sogar freiwillig und unter Explosion, endlich sind sie noch nicht durch den Handel zu beziehen. — Anstatt der salpetersauren Salze des Baryts und des Strontians wendet man auch häufig die kohlensauren Salze an.

## Das Kochsalz.

Vorkommen. Das Kochsalz ist Chlornatrium NaCl und besteht in 100 Theilen aus

| | |
|---|---|
| Chlor | 60,41 |
| Natrium | 39,58. |

Als Steinsalz findet sich das Kochsalz in grossen Massen. Es kommt mit Zwischenlagern von Thon und Gyps in grossen, fast ganz reinen Stöcken in Lagern von bedeutender Mächtigkeit, meist erst in Tiefen von 300 Fuss vor. Massenhafte Steinsalzlager finden sich längs der Karpathen in Galizien bei Wieliczka im tertiären Gebirge, in der Kreideformation bei Cardona in der spanischen Provinz Catalonien; in den Alpen und zwar in den Ostalpen Bayerns und Tyrols sind die allbekannten Salzlager von Berchtesgaden, Hall, Hallein, Ischl u. s. w. In der Triasformation

*) Es ist vielleicht nicht überflüssig, daran zu erinnern, dass das Zusammenreiben der Materialien sehr gefährliche Explosionen zur Folge haben kann. Die Materialien sind einzeln fein zu reiben und blos mit der Hand unter einander zu mengen.

kommen wichtige Salzlager vor im Teutoburger Walde, im nördlichen Württemberg im Schwarzwalde, in der preussischen Provinz Sachsen. Nicht selten findet sich das Steinsalz mit Thon oder Mergel gemengt und bildet dann den Salzthon oder das Haselgebirge. Von den ursprünglichen Lagerstätten des Steinsalzes ist sein secundäres Vorkommen zu unterscheiden. Atmosphärische Wasser, welche in die Tiefe dringen, lösen Salztheile auf und führen sie auf die Oberfläche. Auf solche Weise bilden sich sowohl einzelne Salzquellen, als auch Salzsümpfe und Salzseen, aus denen durch allmälige Verdampfung das Salz sich wieder abscheidet; damit steht auch das Vorkommen des Kochsalzes als Efflorescenz aus dem Boden der Salzsteppen (Steppensalz, Wüstensalz, Erdsalz) in Zusammenhang. Was die Bildung der Salzquellen oder Soolen betrifft, so erleidet es keinen Zweifel, dass sie ihren Kochsalzgehalt durch Auslaugung von Steinsalz sich aneigneten. Der grossen Verbreitung der Flötzformation, welche durch das Vorkommen von Steinsalz sich besonders auszeichnet, entspricht die grosse Anzahl von Salzquellen in Deutschland. Das Kochsalz findet sich endlich im Meerwasser als See- oder Meersalz.

Gewinnung des Kochsalzes aus dem Meerwasser.

Das Meerwasser der verschiedensten Gegenden enthält immer dieselben Bestandtheile. Die Verschiedenheit in der Menge derselben ist äusserst gering und wird durch gewisse örtliche Verhältnisse, durch den Untergrund des Meeres, durch die Verdünnung des Meerwassers an den Küsten und Mündungen der Flüsse durch Flusswasser, durch Eismassen in den Polargegenden u. s. w. bedingt. Das specifische Gewicht des Meerwassers schwankt bei + 17° zwischen 1,0269 und 1,0289. Die Menge der festen Bestandtheile beträgt in 100 Theilen Meerwasser aus:

| | |
|---|---|
| dem grossen Ocean | 3,47 Th. |
| dem atlantischen Ocean | 3,55 „ |
| der Nordsee | 3,43 „ |
| dem Mittelmeere bei Cette | 3,76 „ |
| der Ostsee | 3,24 „ |

Das Wasser des mittelländischen Meeres bei Cette enthält in 100 Theilen:

| | |
|---|---|
| Chlornatrium | 2,99 |
| Bromnatrium | 0,05 |
| Chlorkalium | 0,05 |
| Chlormagnesium | 0,32 |
| Schwefelsaure Talkerde | 0,24 |
| Schwefelsauren Kalk | 0,13 |
| Kohlensauren Kalk | 0,01 |
| Eisenoxyd | Spur |
| | 3,76. |

v. **Bibra** fand in 100 Theilen Meerwasser:

| | Grosser Ocean. | Atlantischer Ocean. | Nordsee. |
|---|---|---|---|
| Chlornatrium | 2,5877 | 2,7558 | 2,5513 |
| Bromnatrium | 0,0401 | 0,0326 | 0,0373 |
| Schwefelsaures Kali | 0,1359 | 0,1715 | 0,1529 |
| Schwefelsauren Kalk | 0,1622 | 0,2046 | 0,1622 |
| Schwefelsaure Talkerde | 0,1104 | 0,0614 | 0,0706 |
| Chlormagnesium | 0,4345 | 0,3260 | 0,4641 |
| | 3,4708 | 3,5519 | 3,4383. |

Man erhält das Kochsalz aus dem Meerwasser

a) vermittelst der Salzgärten durch Verdunstung;
b) mit Hülfe von Frost;
c) mit Hülfe von Brennmaterial.

Die Gewinnung des Kochsalzes aus dem Meerwasser mit Hülfe von **Salzgärten** geschieht im südlichen Frankreich, in Spanien, Portugal, auf Sicilien, bei Triest und Venedig, bei Capodistria und Pirano in Illyrien, auf der Insel Pago, bei Ragusa in Dalmatien etc. auf folgende Weise: Man legt die Salzgärten in einer flachen Gegend am Meeresufer an und zwar so, dass sie gegen die Flut geschützt sind; das Meerwasser geht zuerst in ein grosses Reservoir, in welchem es höchstens 6 Fuss und mindestens 1 Fuss hoch steht. In diesem Behälter setzen sich alle Substanzen ab, welche suspendirt in dem Meerwasser sich befanden. Durch einen hölzernen Kanal läuft das Wasser in kleinere Behälter, aus welchen es durch unterirdische Röhren in die Gräben fliesst, welche den Salzgarten allenthalben umgeben, in welchen sich das Seesalz zum grossen Theil auf der Oberfläche des Wassers abscheidet. Das Salz wird gesammelt und auf den Gängen angehäuft. Man bildet aus dem herausgenommenen Salze entweder Kegel oder Pyramiden, welche man durch Bedecken mit Seegras oder Stroh gegen den Regen schützt. Indem diese Haufen sich längere Zeit überlassen bleiben, ziehen die zerfliesslichen Salze — das Chlormagnesium und das Chlorcalcium — sich in den Boden und hinterlassen das Seesalz ziemlich rein.

Auch durch **Frost** lässt sich aus dem Meerwasser das Kochsalz gewinnen. Die dabei angewendete Methode gründet sich darauf, dass eine Lösung von Kochsalz bei einer Temperatur von einigen Graden unter dem Gefrierpunkte des Wassers sich spaltet in fast reines gefrierendes Wasser und in eine flüssigbleibende reichhaltigere Soole. Entfernt man das Eis und setzt man die Flüssigkeit von Neuem der Kälte aus, so lässt sich wieder ein Theil ihres Wassers als Eis entfernen und man erhält endlich eine Salzsoole, aus welcher sich durch schwaches Eindampfen schon Kochsalz ausscheidet. Um ein reineres Product zu erhalten, reinigt man die Soole

vor dem Eindampfen durch Kalk, wodurch die Magnesia- und Thonerdesalze zersetzt werden.

Das mit Hülfe von Brennmaterial aus dem Meerwasser dargestellte Kochsalz (sel ignifère) wird in der Normandie, besonders zu Avranchin, auf folgende Weise gewonnen:

Man benutzt dort den salzhaltigen Sand an der Meeresküste, um das Seewasser mit dem darin enthaltenen Salze zu sättigen. Das so erhaltene salzreichere Seewasser wird darauf abgedampft. Häufig wird am Ufer ein Damm oder Wall von Meeressand aufgeworfen, welcher zur Zeit der höchsten Flut vom Meere überflutet wird. In der Zwischenzeit von einer Flut zur anderen wird der Sand theilweise trocken und bedeckt sich an der Oberfläche mit einer Efflorescenz von Seesalz. Nur der vollkommen trockene Sand wird gesammelt und zwar täglich zwei bis drei mal an der nämlichen Stelle. Die heissen Sommertage sind für das Sammeln des Sandes am günstigsten. Um den Sand auszulaugen, werden hölzerne Kästen angewendet, deren Böden aus schwachen Brettern bestehen, die man mit Strohschichten bedeckt. Die Kästen werden mit dem salzhaltigen Sand gefüllt und über denselben in jeden Kasten Seewasser gegossen. Indem dasselbe durch den Sand sickert, erhält es ein specifisches Gewicht von 1,14 bis 1,17. Die Dichte dieser Soole wird mit Hülfe dreier Wachskugeln bestimmt, die mit Blei belastet sind. Die Salzsieder zu Avranchin halten Soole von 1,16 specifischem Gewicht für die zum Abdampfen am meisten sich eignende. Das Wasser wird in flachen viereckigen Bleipfannen eingesotten. Während des Siedens wird fleissig abgeschäumt und von Zeit zu Zeit neues Salzwasser nachgefüllt, bis das Salz sich krystallisch auszuscheiden beginnt. Ist dieser Zeitpunkt gekommen, so setzt man noch eine kleine Menge Salzwasser hinzu, um die Bildung von neuem Schaum zu bewirken, welchen man wieder entfernt. Hierauf wird unter fortwährendem Umrühren die Masse zur Trockne gebracht. Die so erhaltene fein zertheilte, aber höchst unreine Masse wird in einem Korb über der Siedepfanne aufgehängt. Durch die Einwirkung der Wasserdämpfe werden die zerfliesslichen Salze — Chlormagnesium und Chlorcalcium — zum grössten Theile entfernt. Darauf bringt man das Salz in ein Magazin, dessen Boden aus durch Auslaugen gereinigtem, trocknem und festgestampftem Sand besteht. Hier vollendet sich die Reinigung des Salzes von den zerfliesslichen Salzen, wodurch es noch gegen 20 bis 28 Procent an Gewicht verliert. Das so erhaltene Salz ist weiss und sehr rein. 700 bis 800 Liter Salzwasser liefern, je nach dem Salzgehalt des angewendeten Sandes, 150 bis 225 Kilogramm Salz.

Zu Ulverstone in Lancashire wendet man jetzt noch ein Verfahren zur Gewinnung des Seesalzes aus dem Meerwasser an, welches dem französischen sehr ähnlich ist. Eine andere Methode ist zu Lymington an der Küste von Hampshire, so wie auf der Insel Wight gebräuchlich; sie besteht darin, das Seewasser durch natürliche Verdampfung etwa bis zu $^1/_6$ des ursprünglichen Volumens zu concentriren und die erhaltene Soole in gewöhnlicher Art in Pfannen zu verdampfen.

Das Concentriren geschieht in den sogenannten Sonnenwerken oder Auswerken, welche mit den gewöhnlichen Salzgärten übereinstimmen und sich von diesen nur dadurch unterscheiden, dass das concentrirte Meerwasser nicht bis zur Ausscheidung des Salzes in den Bassins stehen bleibt. In und bei Liverpool gewinnt man den Salzgehalt des Meerwassers auf die Weise, dass man sich desselben zum Auflösen des zu raffinirenden Steinsalzes bedient. Das Vortheilhafte dieses Verfahrens ist einleuchtend, wenn man erwägt, dass dabei mindestens noch 2,3 Procent Kochsalz aus dem Meerwasser gewonnen werden können. An der Ostküste Englands gestattet es der niedrige Preis der Steinkohlen, das Meerwasser durch unmittelbares Versieden auf Kochsalz zu benutzen, ohne es vorher durch Verdunstung zu concentriren.

Gewinnung des Steinsalzes.

Das Steinsalz ist sehr häufig von Gyps, Anhydrit, Thon und Mergel begleitet. Nicht selten findet sich das Steinsalz mit Thon und Mergel gemengt (Salzthon, Haselgebirge); oder es werden die Salzmassen durch Mergellager eingeschlossen und von anderen Gebirgsarten getrennt. Im Steinsalze selbst finden sich zuweilen andere merkwürdige Mineralien abgesondert, so z. B. der Brongniartin ($NaO$, $SO_3$ + $CaO$, $SO_3$) bei Villarubia in Spanien, und der Martinsit ($MgO$, $SO_3$ + 10 $NaCl$) bei Stassfurt.

Die Zusammensetzung des Steinsalzes zeigt sich aus folgenden Analysen:

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chlornatrium | 100,00 | 99,85 | 99,92 | 99,43 | 98,14 | 99,63 |
| Chlorkalium | — | — | — | — | Spur | 0,09 |
| Chlorcalcium | — | Spur | — | 0,25 | — | 0,28 |
| Chlormagnesium | Spur | 0,15 | 0,07 | 0,12 | — | — |
| Schwefelsaurer Kalk | — | — | — | 0,20 | 1,86 | — |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Das sogenannte Knistersalz, welches zu Wieliczka in krystallinisch-körnigen Massen vorkommt, hat die Eigenthümlichkeit, bei der Auflösung in Wasser unter kleinen Detonationen Gas zu entwickeln. Die mikroskopischen Höhlen, in denen sich das Gas eingeschlossen befindet, erleiden allmälig in dem Masse, als das Salz sich löst, eine Verdünnung ihrer Wände, die das Gas sehr bald befähigt, die Wände unter Explosion zu durchbrechen und zu entweichen. Das entweichende Gas ist entzündlich. Nach H. Rose besteht das Gas entweder aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und ölbildendem Gase oder aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sumpfgas.

Das Verfahren zur Gewinnung des Steinsalzes ist ein sehr verschiedenes, je nachdem das Steinsalz zu Tage tritt oder durch Schächte, Stollen, Schürfe oder Bohrlöcher entweder unter der Erdoberfläche oder unter einer Gebirgsdecke vorkommt. Tritt das Steinsalz zu Tage, so wird es steinbruchähnlich gewonnen und diese Methode der Gewinnung ist natürlich die einfachste und billigste. Ist aber die unterirdische bergmännische Gewinnung erforderlich, so ist dieselbe um so kostspieliger, in je grösserer Tiefe das Steinsalz lagert. Häufig ist aber nicht nur die Tiefe der Steinsalzlager unter der Oberfläche der Erde, sondern auch die Beschaffenheit der Ablagerung selbst, auch wol die einmal eingeführte Art der Benutzung des Steinsalzes auf die Wahl der Ge-

winnungsart von Einfluss. Oefters ist das Steinsalz aus Gemengen von Steinsalz, Salzthon, Gyps, Dolomit u. s. w. zusammengesetzt; das so verunreinigte Steinsalz würde als Kochsalz nicht angewendet werden können, sondern erst durch Auflösen und Versieden in Siedesalz umgewandelt werden müssen. Im letztern Falle sucht man die Förderungs- und Auflösungskosten dadurch zu ersparen, dass man der Natur das Geschäft des Auflösens auf der Lagerstätte selbst überträgt und die gesättigte Salzlösung zu Tage fördert.

Ob man durch Schächte (senkrechte Gruben) oder durch Stollen (horizontale Gänge, welche von aussen bis zu dem Salzlager geführt werden) am zweckmässigsten den Salzberg erreicht, darüber entscheidet nicht nur die Tiefe desselben, sondern auch die Art des zu durchbrechenden Gesteines und die Möglichkeit, zudringende Wässer abzuleiten. Für den Bau auf Steinsalz ist es ein höchst günstiger Umstand, dass in das Steinsalzgebirge so leicht kein Wasser eindringt, indem der das Steinsalz umgebende Salzthon das Wasser zurückhält und das massive Steinsalz sich durch die entstehende gesättigte Soole einen natürlichen Schutzdamm gegen das eindringende Wasser bildet. Nicht allein nur die unbedeutende Menge des Wasserzuflusses, sondern auch das massenhafte Vorkommen des Steinsalzes, dessen Cohäsionsverhältnisse es gestatten, dass hangende Steinsalz- und Salzthonmassen keine Unterstützung brauchen, durch deren Beschaffung die Gewinnungsarbeiten, z. B. bei den Steinkohlen, so bedeutend erschwert und vertheuert werden, tragen zur Erleichterung des Bergbaues auf Steinsalz wesentlich bei. Ist das Gebirge, welches das Steinsalz bedeckt, frei von Spalten, durch welche Wasser eintreten kann, so lassen sich Steinsalzmassen auf weite Strecken ausbrechen, ohne den darüberlagernden Schichten eine Stütze zu geben. Diese Abbaumethode führt den Namen Glockenbau; sie ist in den südöstlichen Karpathenländern gebräuchlich. Eine andere Abbaumethode ist der Kammerbau, bei welchem das Steinsalz in durch mächtige Pfeiler von einander getrennten Räumen (Kammern) weggenommen wird.

Gewinnung der Salzsoolen.

Die Salzsoolen finden sich in der Natur in den Salzquellen. In den letzten Jahrzehnten hat man die Natur dadurch unterstützt, dass man sich den Salzlagern, welche die süssen Quellen in Salzquellen überführten, durch Bohrlöcher zu nähern oder dieselben zu erreichen suchte. Die Bohrlöcher sind mithin künstlich dargestellte Soolquellen von solcher Reichhaltigkeit, dass nach und nach die Benutzung der schwachen natürlichen Salzquellen überflüssig wird. Der Salzgehalt eines Bohrloches ist begreiflicherweise am grössten, wenn das Steinsalzlager selbst erreicht worden ist; in einzelnen Fällen wird durch ein Bohrloch eine Anreicherung einer salzarmen Soole herbeigeführt.

Um die natürlichen Soolquellen zu gewinnen, werden dieselben gefasst, d. h. sie werden in einen Schacht oder Brunnen (Soolbrunnen), welcher zugleich als Reservoir für grössere Mengen von Soole dienen kann, vereinigt. Da die meisten natürlichen Soolen zu salzarm sind, um sofort versotten werden zu können, sondern erst durch den Gradirprocess einen Theil ihres Wassergehaltes verlieren müssen, so ist es beim Heben der Soole aus dem Brunnen am vortheilhaftesten, dieselbe sogleich auf die Gradirhäuser zu heben.

Aelter als die Gewinnung der gesättigten Salzsoole mit Hülfe von tie-

fen Bohrlöchern ist die Darstellung der gesättigten Soolen auf der Salzlagerstätte in den sogenannten Sinkwerken, Wöhren oder Sulzenstücken. Das älteste Verfahren zum Auslaugen des steinsalzhaltenden Salzthones bestand darin, in den Salzthon eine Grube oder eine Cisterne auszugraben und diese mit Wasser anzufüllen. Nachdem das Wasser alles Salz aufgelöst hatte, wurde es ausgeschöpft und in Kesseln eingekocht. Das ausgelaugte Gebirge heisst Heidengebirge. Die aus den Sinkwerken abgelassene Soole bleibt in Reservoiren zum Abklären einige Tage ruhig stehen, ehe sie versotten wird.

Von der Bereitung gesättigter Soolen in den Sinkwerken unterscheidet sich die Gewinnung salzreicher oder gesättigter Soolen mit Hülfe von Bohrlöchern. Diese Soole stammt entweder von einer fliessenden Salzquelle oder einem Soollereservoir im Steinsalzgebirge oder endlich davon her, dass Grubenwasser oder absichtlich eingeleitetes Tagewasser Steinsalz im Gebirge auflöste. Es ist einleuchtend, dass ein jedes Bohrloch als der senkrechte Schenkel einer communicirenden Röhre, deren anderer Schenkel durch gegen den Horizont geneigte Quellen gebildet wird, in der That ein artesischer Brunnen ist; diese Quellen werden durch das Bohrloch früher mit der Erdoberfläche in Verbindung gesetzt, als es bei dem natürlich fortgesetzten Laufe der Quellen geschehen sein würde. Die zur Hebung der Soole erforderliche Kraft ist von der Höhe abhängig, bis zu welcher die Quelle im Bohrloche aufsteigt. Ist die Steigkraft so gross, dass sich das Wasser nicht nur bis zur Mündung des Bohrloches, sondern durch aufgesetzte Röhren noch über die Erdoberfläche erheben würde, so wird die hebende Kraft in der Pumpe (das Einsetzen und Bewegen eines Kolbens) überflüssig. Die aus den Bohrlöchern gehobene Soole ist meist durch Schlammtheilchen von Salzthon oder von Gyps getrübt. Die Soole muss deshalb in den Reservoirs einige Zeit zum Abklären stehen bleiben, ehe sie zum Sieden verwendet wird.

Zum Fortleiten der Soole wendet man hölzerne und gusseiserne Röhren, früher auch Bleiröhren an.

Man theilt je nach der Art der Verunreinigungen die Soolen in zwei Klassen, die Soolen erster Klasse sind mit schwefelsauren Salzen (Bittersalz, zuweilen auch Glaubersalz) und mit Chlormagnesium verunreinigt, die Soolen zweiter Klasse enthalten neben dem Kochsalz Chlorcalcium und Chlormagnesium. Die Soolen, besonders diejenigen, welche durch Torfgründe oder Braunkohlenlager fliessen oder in einem solchen Terrain zu Tage treten, enthalten färbende organische Substanzen (Humussäure, Quellsäure, Quellsatzsäure).

**Darstellung des Kochsalzes aus den Soolen.** Die Darstellung des Kochsalzes aus den Soolen zerfällt in zwei Operationen:

*a*) in die Anreicherung der Soolen

*α*) durch Erhöhung des Salzgehaltes,

β) durch Verminderung des Wassergehaltes;

b) in das Versieden der siedewürdigen Soole.

Die Anreicherung der Soolen. Die natürlichen Soolquellen enthalten selten so viel Kochsalz, dass sie siedewürdig erscheinen. Es folgt daraus die Nothwendigkeit, ihren Salzgehalt zu erhöhen (die Soole anzureichern), was entweder (α) geschehen kann durch Auflösen von Salz (Steinsalz), welches im natürlichen Zustande oft nicht verwendet werden kann und deshalb dem Reinigungsprocess unterworfen werden muss, oder (β) durch Verminderung des Wassergehaltes ohne Anwendung von Brennmaterial. Ob das Anreicherungsmittel Steinsalz oder Meersalz oder gesättigte künstliche Salzsoole, ob ferner das Auflösungsmittel schwache Quellsoole oder Meerwasser oder eine nicht gesättigte Bohrlochs- oder Sinkwerkssoole ist, hat auf die Bereitung der Soole keinen Einfluss. Bedient man sich zur Anreicherung der Quellsoole zugleich des Steinsalzes und der Gradirung, so ist es am zweckmässigsten, das zur Anreicherung anzuwendende Steinsalz unter die Dornenwände des letzten Gradirfalles zu bringen.

Die Anreicherung einer Soole durch Verminderung des Wassergehalts heisst das Gradiren der Soole. Diese Anreicherung kann geschehen durch Frostkälte (Eisgradirung) oder durch Verdunsten des Wassers (eigentliche Gradirung).

Die eigentliche Gradirung durch Verdunstung eines Theiles des Wassers ist α) Sonnengradirung, β) Tafelgradirung, γ) Dach- oder Pritschengradirung, δ) Tröpfelgradirung.

Die Sonnengradirung wird bei der Gewinnung des Seesalzes in den Salzgärten angewendet und geschieht auch in den Salzseen Russlands, aus welchen das Salz blos durch Verdunsten des Wassers mittelst der Sonnenwärme ausgeschieden wird. Setzt man die Sonnengradirung bis zur Aussonderung des Salzes fort, so nennt man das so erhaltene Salz Sonnensalz.

Die Tafelgradirung, eine zu Reichenhall versuchsweise angewendete Verdunstungsmethode, besteht darin, die zu gradirende Soole langsam aus staffelförmig unter einander gestellten Reihen von Kasten herabfliessen zu lassen. Die Soole wird also bis in die oberste Reihe von Kasten gehoben, läuft aus dieser in die zweite Reihe, dann in die dritte, vierte Reihe u. s. f., bis sie endlich in die unterste Kastenreihe gelangt, aus welcher die Soole in ein Bassin läuft, um entweder zur Siedung abgegeben zu werden oder noch einmal zur weiteren Concentration die Kastenreihe durchzumachen. Die Vorzüge der Tafelgradirung vor der Sonnengradirung sollen darin bestehen, dass der Abdampfungsprocess beschleunigt wird.

Die Dach- oder Pritschengradirung ist keine besondere Gradirmethode, sondern es ist die Bedachung der Soolenbehälter nebenbei dazu benutzt worden, die in das Reservoir zu leitende Soole auf der geneigten Fläche, welche die Bedachung der Behälter bildet, langsam nie-

derfliessen zu lassen. An hellen Sonnentagen kann die dadurch bewirkte Anreicherung der Soole eine sehr bedeutende sein. Man hat ferner eine Seil- oder Strickgradirung vorgeschlagen, bei welcher die Soole an Seilen herabrinnt. Werden anstatt der Seile Streifen aus Leinwand angewendet, so heisst die Gradirung Coulissengradirung.

Die wichtigste Gradirung ohne Feuer ist die Tröpfel- oder Dorngradirung. Die Gradirhäuser oder Leckwerke haben Dornwände, aus Balkengerüsten bestehend, deren Zwischenräume mit Dornen (Schwarzdorn oder Schlehdorn, Prunus spinosa) ausgelegt sind. Jede Gradirwand, deren Länge sich nach der Grösse der Saline richtet, steht mit ihrem Fusse über einem, aus Bohlen construirten wasserdichten Behälter (dem Sumpfe, Bassin oder Hälter), welcher die an den Dornen herabrinnende gradirte Soole aufzunehmen bestimmt ist. Der obere Theil der Gradirhäuser ist zuweilen mit einem Dache versehen, häufig auch nicht. Auf dem Gradirhause läuft der ganzen Länge nach ein wasserdichter Kasten (der Tropfkasten oder Soolkasten), der die zum Gradiren bestimmte Soole aufnimmt. Der Tropfkasten ist mit Tropfhähnen versehen, aus welchen die Soole in Rinnen, an denen Einschnitte sich befinden, läuft; aus diesen Einschnitten gelangt die Soole auf die Dornen.

Die Grösse des Soolenabflusses aus den Tropfhähnen wird durch das Stellen der Hähne regulirt. Die sogenannte Geschwindstellung ist eine Umstellungsvorrichtung, welche den Zweck hat, die Soole bei geänderter Richtung des Windes auf die entgegengesetzte Seite der Dornwände zu leiten. Die bewegenden Kräfte auf den Salinen zum Aufbringen der Soole auf die Gradirhäuser, so wie zur weiteren Fortleitung der gefallenen Soole sind Wasserräder, Göpel, Dampfmaschinen und Windmühlen.

Man lässt die Soole wiederholt von den Gradirwerken herabfallen.

Die Soole kann durch das Gradiren bis zu 26 Procent Salzgehalt angereichert werden, obgleich eine solche Löthigkeit auf wenigen Salinen erreicht wird.

Die Tröpfelgradirung ist nicht nur ein Anreicherungsprocess, sondern auch ein Reinigungsprocess, indem ein Theil des Rohsalzgehaltes der Soole, der nicht Kochsalz ist, auf den Dornen der Wände als Dornstein zurückbleibt. Die Beschaffenheit dieses Steines hängt zwar von der Zusammensetzung der Quellsoole ab, doch ist seine Zusammensetzung ziemlich übereinstimmend. Meist besteht er nur aus Gyps und auf dem ersten Soolfalle aus kohlensaurem Kalk, wenn die Soole viel zweifach kohlensauren Kalk aufgelöst enthielt.

Wenn nach einigen Jahren der Dornstein zu stark wird, müssen die Dornen herausgenommen und durch frische ersetzt werden. Der Dornstein wird im getrockneten und gemahlenen Zustande als Düngemittel verwendet. In den Sümpfen, welche die gradirte Soole aufnehmen, setzt

sich ein dicker Schlamm ab, Zunder oder Sinter genannt. Er besteht aus Gyps, kohlensaurem Kalk und Eisenoxydhydrat. Die Tröpfelgradirung hat in neuerer Zeit, seitdem die Bohrlöcher fast allenthalben siedewürdige Soole liefern, viel von ihrer Bedeutung eingebüsst.

Das Versieden der Soole.

Die Aufgabe des Siedeprocesses ist, das Maximum an reinem und trocknem Salze mit dem Minimum an Brennstoff aus einer gegebenen Soole darzustellen. Die ältesten Siedeeinrichtungen waren kesselartige Gefässe. Gegenwärtig wendet man Siedepfannen aus zusammengenieteten gehämmerten Eisenblechplatten an, deren Länge 30 Fuss, deren Tiefe 21 Zoll beträgt. Sie ruhen theils auf gemauerten Pfeilern, theils auf den Mauern, wodurch zugleich der Zug bedingt wird. Die Pfannen sind mit einem Dampfmantel (Brodemfang) versehen, welcher oberhalb des Daches ausmündet und die Wasserdämpfe in die Luft führt. Die Soole, welche man in die Siedepfanne bringt, enthält, je nachdem sie gradirte Quellsoole oder Bohrsoole ist, 18 bis 26 pCt. Salz; die Pfannen werden damit bis zur Höhe von 11 Zoll angefüllt.

In vielen Salinen zerfällt der Siedeprocess in zwei Abtheilungen:

a) in die Wasserverdampfung bis zur Sättigung der Soole in der Siedehitze (das Stören),

b) in die Wasserverdampfung von der siedend gesättigten Soole, damit das Salz sich krystallinisch abscheide (das Soggen, Soogen oder Socken).

Das Sieden wird ununterbrochen mehrere Wochen fortgesetzt. Es sondert sich dabei Gyps und schwefelsaures Natron theils als Schaum, welcher abgenommen wird, theils als Absatz aus, welchen man mit einer Krücke herausschafft. Sobald sich auf der Oberfläche der siedenden Soole eine Salzhaut bildet, hat die Soole die Gare erreicht und man schreitet zum Soggen des Salzes. Während der Periode des Soggens wird die Temperatur der Flüssigkeit auf 50° erhalten. Dabei fällt nun die entstandene Salzhaut aus der Soole in kleinen Krystallen zu Boden, es bildet sich eine neue Haut u. s. f., bis sich endlich keine oder nur eine sehr schwache Salzhaut erzeugt. Von nun an wird das gesoggte Salz ausgewirkt, d. h. mit Schaufeln (Soggestielen) herausgenommen und in konische Körbe aus Weidengeflecht (Salzkörbe) gebracht, die man auf einem an dem Brodemfang angebrachten Gerüste abtropfen lässt, bis nichts mehr abfliesst, worauf man das Salz in der Trockenkammer (Darrstube), welche auf dem Bodenraume des Siedehauses (der Salzkothe) angebracht sind, trocknet und zuletzt in Fässer oder Tonnen bringt.

Die Menge der Mutterlauge, welche nach Ablauf einer Siedeperiode von zwei, drei oder mehreren Wochen zurückbleibt, ist, mit der Menge der versottenen Soole verglichen, eine sehr geringe. Früher wurde sie meist weggegossen oder zu Bädern gebraucht. Gegenwärtig bereitet man daraus Chlorkalium, schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia, auf einzelnen Salinen (Schönebeck und Kreuznach) auch Brom.

Begreiflicherweise erhält man aus einer Soole niemals die Salzmenge, welche man nach dem Salzgehalte der eingelassenen Soole erhalten sollte, indem theils fremdartige Stoffe als Pfannenstein beim Sieden abgeschieden werden, theils

ein gewisser Theil des Salzes in der Mutterlauge bleibt. Hierin und in dem Verlust, welcher aus dem mechanischen Verstreuen des Salzes bei den Arbeiten des Wirkens und dem Transportiren des Salzes nach den Trockenstuben und nach den Magazinen sich zeigt, besteht der Siedeverlust. Dieser beträgt in den Salinen

zu Reichenhall 8 Procent,
,, Traunstein 8 ,,
,, Rosenheim 8 ,,
,, Schönebeck 9,25 ,,

Bei Soole aus Bohrlöchern ist er zwar geringer, doch beträgt er auch hier noch 4—6 Procent.

In Folge des monopolistischen Zwanges, welchem das Kochsalz bei der Gewinnung und dem Verkaufe unterworfen ist, kommt es vor, dass das Kochsalz absichtlich durch die Administration verunreinigt (denaturalisirt) wird, damit es zu dem innerlichen Gebrauche untauglich werde und nur zu technischen Zwecken oder als Viehsalz oder endlich als Düngemittel Anwendung finde. Das zu technischem Gebrauche dienende denaturalisirte Salz enthält Englischroth (Eisenoxyd oder Colcothar) 1—1,25 pCt., oder Braunstein oder andere Manganerze 1—1,25 pCt., oder Eisenvitriol 1,25—1,5 pCt., oder endlich Glaubersalz 12—15 pCt. Die Natur des Denaturalisationsmittels richtet sich nach der Art der Benutzung des Salzes; dient das Kochsalz zur Sodafabrikation, so ist Glaubersalz, dient es zur Chlorkalkbereitung, so ist Braunstein der zweckmässigste Zusatz. Das als Viehsalz dienende Kochsalz ist ein Gemenge von unreinem gelbem Kochsalz mit 0,75 pCt. Eisenoxyd und 1,5 pCt. Wermuthpulver. In Oesterreich versetzt man das Kochsalz mit anderen bittern vegetabilischen Pulvern, z. B. mit Enzianwurzelpulver. Soll endlich Kochsalz als Düngesalz Anwendung finden, so denaturalisirt man es am einfachsten mit 15 pCt. Asche und Kohlenstaub.

Eigenschaften des Kochsalzes. Das Kochsalz krystallisirt in farblosen Würfeln oder in einer Form, die sich auf die Würfelform zurückführen lässt. Nach der Grösse der Würfel unterscheidet man grob-, mittel- und feinkörniges Salz, ferner Salz von mildem und von scharfem Korn. Ersteres besteht aus vollkommen ausgebildeten Würfeln und fühlt sich daher rauh und scharf an. Das milde Salz besteht zum Theil aus kleinen tafelförmigen und spiessigen Krystallen und lässt sich mit der Hand zusammenballen, während das Salz von grobem und scharfem Korn auseinanderfällt, sobald der Druck nachlässt. Die Grösse der Krystalle hängt von der Zeit ab, in der die Verdampfung der Soole erfolgt, man hat demnach in der Beschleunigung und Verzögerung des Abdampfprocesses ein einfaches Mittel, Salz von beliebiger Korngrösse darzustellen. Soll Salz von grobem Korne dargestellt werden, so muss das Niedersinken der auf der Oberfläche der Soole sich ausscheidenden Krystalle durch Ruhigstehenlassen der Flüssigkeit verzögert werden. Das sogenannte Sonntagssalz, welches während des Sonntags und der Feiertage, an denen nicht gesoggt wird, in den Pfannen sich abscheidet, ist ein derartiges grobkörniges Salz. Vollkommen reines Kochsalz ist nicht hygroskopisch; in dem gewöhnlichen Siedesalz sind es

auch nur die Beimengungen von Chlormagnesium und Chlorcalcium, welche das Salz hygroskopisch machen. Der Wassergehalt des Salzes beträgt 2,5—5,5 pCt. Beim Erhitzen des Kochsalzes bis zur Glühhitze verknistert oder decrepitirt es, indem die zwischen den Lamellen der Krystalle eingeschlossene Mutterlauge Wasserdämpfe entwickelt und die Krystalle zersprengt. In der hellen Rothglühhitze schmilzt das Salz zu einer farblosen ölartigen Flüssigkeit, in der Weissglühhitze verflüchtigt es sich unverändert. Das Kochsalz ist leicht löslich in Wasser. 100 Theile Wasser lösen bei 12° C. 35,91 Theile Kochsalz. Es ist eine Eigenthümlichkeit des Kochsalzes, von heissem Wasser nicht in bedeutend grösserer Menge aufgelöst zu werden, als in kaltem.

Um das Verhältniss des Kochsalzes zum Wasser in einer Soole auszudrücken, braucht man den Ausdruck Löthigkeit oder Procentigkeit. Eine 15löthige Soole besteht mithin in 100 Gewichtstheilen aus 15 Gewichtstheilen Kochsalz und 85 Theilen Wasser. Die Grädigkeit der Soole bezeichnet die Gewichtsmenge Wasser der Soole, welche 1 Gewichtstheil Kochsalz enthält, so ist eine 15,6grädige Soole eine solche, in welcher 1 Gewichtstheil Kochsalz von 15,6 Gewichtstheilen Wasser in Lösung gehalten wird. Die Pfündigkeit der Soole drückt die Salzmenge in Pfunden aus, welche in einem Kubikfuss Soole enthalten ist.

Die Löthigkeit einer Soole lässt sich aus dem specifischen Gewichte nach folgender Tabelle ermitteln:

| Löthigkeit. | Spec. Gewicht. | Löthigkeit. | Spec. Gewicht. | Löthigkeit. | Spec. Gewicht. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,0075 | 7,5 | 1,0565 | 16 | 1,1206 |
| 1,5 | 1,0113 | 8 | 1,0603 | 17 | 1,1282 |
| 2 | 1,0151 | 8,5 | 1,0641 | 18 | 1,1357 |
| 2,5 | 1,0188 | 9 | 1,0679 | 19 | 1,1433 |
| 3 | 1,0226 | 9,5 | 1,0716 | 20 | 1,1508 |
| 3,5 | 1,0264 | 10 | 1,0754 | 21 | 1,1583 |
| 3 | 1,0302 | 10,5 | 1,0792 | 22 | 1,1659 |
| 4,5 | 1,0339 | 11 | 1,0829 | 23 | 1,1734 |
| 5 | 1,0377 | 11,5 | 1,0867 | 24 | 1,1810 |
| 5,5 | 1,0415 | 12 | 1,0905 | 25 | 1,1885 |
| 6 | 1,0452 | 13 | 1,0980 | 26 | 1,1960 |
| 6,5 | 1,0490 | 14 | 1,1055 | 27 | 1,2034 |
| 7 | 1,0526 | 15 | 1,1131 | 28 | 1,2112 |

Anwendung des Kochsalzes.

Die überaus wichtige und ausgedehnte Anwendung des Kochsalzes ist so bekannt, dass es hier eines näheren Eingehens darauf kaum bedarf. Ausser als Nahrungsmittel dient das Kochsalz zu Zwecken der Agricultur und Viehzucht, zur Bereitung der Soda, des Chlors, des Salmiaks, in der Weissgerberei (zur Bereitung des Chloraluminiums), in der Loh- oder Rothgerberei (beim Schwitzen der Häute), zur chlorirenden Röstung der Silbererze (in der Amalgamation und in dem Verfahren der Silbergewinnung von Augustin), zum Aussalzen der Seife, zum Glasiren von Thongeschirren (schmilzt man Kochsalz mit eisenhaltigem Thon zusammen, so oxydirt sich das Natrium auf Kosten des Eisens zu Natron,

welches sich mit der Thonerde und Kieselerde zu Glasur verbindet, während das Eisen sich mit dem Chlor als Chloreisen verflüchtigt), zum Conserviren von Schiffsbauholz und Eisenbahnschwellen, zum Einsalzen der Fische, des Fleisches und der Butter (nach Oerstedt hält sich Butter, mit Kochsalz unter Zusatz von 2 pCt. Chlorcalcium gesalzen, weit besser als mit reinem Salz gezalzene; die Anwendung geschieht so, dass man das Kochsalz mit einer sehr concentrirten Lösung des Chlorcalciums befeuchtet).

## Die Soda.

Vorkommen der natürlichen Soda.

Das kohlensaure Natron oder die Soda findet sich fertig gebildet als Bestandtheil vieler Mineralquellen, z. B. der zu Karlsbad, der zu Burtscheid bei Aachen, zu Vichy in Frankreich, des Geisers auf Island, ferner als Auswitterung an vulkanischen Gesteinen, so wie als anderthalb kohlensaures Natron (Natronsesquicarbonat 2 NaO, 3 $CO_2$) in grosser Menge und zwar aufgelöst im Wasser der sogenannten Natronseen. Ungarn, Aegypten, die Ebenen längs des kaspischen und schwarzen Meeres, Mexico und mehrere südamerikanische Staaten haben solche Seen aufzuweisen. Die ägyptische Soda führt den Namen Tro-Na (daher der Name Natron). In Columbien gewinnt man Soda, dort zu Lande Urao genannt, aus einem See, der 48 engl. Meilen von der Stadt Merida entfernt und in einem kleinen Thal liegt, welches von den Eingeborenen *Lalagunilla* genannt wird. In der heissen Jahreszeit krystallisirt die Urao aus dem Wasser heraus. Die Gewinnung des Salzes dauert ungefähr zwei Monate und bringt ungefähr 1600 Ctr. Unter der spanischen Regierung, welche die Urao eben so wie den Tabak zum Monopol gemacht hatte, wurde diese Soda zu Venezuela zur Bereitung des Mo oder eingedickten Tabaksaftes verwendet.

Wahrscheinlich entsteht das kohlensaure Natron der Natronseen durch Zersetzen des Kochsalzes mittelst kohlensaurem Kalk; möglicherweise bildet es sich auch aus dem schwefelsauren Natron, das durch die Einwirkung organischer Substanzen zu Schwefelnatrium reducirt wird, welches sich durch die im Wasser gelöste Kohlensäure in anderthalb kohlensaures Natron umwandelt.

Künstliche Soda.

Die Menge der natürlichen Soda ist verschwindend klein gegen den riesenhaften Verbrauch der Soda in der Industrie. Diejenige Soda, welche diesen Verbrauch eigentlich deckt, entspringt zu einem kleinen Bruchtheil aus der Einäscherung von gewissen See- und Strandpflanzen, zum grössten Mehrbetrage aber aus der Umwandelung des Kochsalzes.

Eben so wie die Binnenpflanzen aus dem Boden von den Alkalien hauptsächlich Kali aufnehmen, das man als kohlensaures Kali in der Asche dieser Pflanzen trifft (s. Potasche), enthalten die am Meeresgestade, in Salzsteppen u. s. w. wachsenden Pflanzen unter ihren anorganischen Bestandtheilen mehr oder weniger Natron an organische Säuren (wie z. B.

an Oxalsäure) gebunden, welche Verbindung beim Verbrennen in kohlensaures Natron übergeht. Ausser den im Meere selbst vegetirenden Fucusarten sind es besonders die Gattungen Salsola, Atriplex, Salicornia etc., welche zur Fabrikation von Soda verwendet und zu diesem Zwecke in gewissen Gegenden cultivirt werden. Um aus diesen Pflanzen die Soda zu gewinnen, werden dieselben abgemäht, die Fucusarten zur Ebbezeit ans Land gebracht und am Strande getrocknet. Diese Pflanzen werden darauf in Gruben zu Asche verbrannt. Die Hitze steigert sich dabei so sehr, dass die Asche in Fluss geräth und nach dem Erkalten eine harte, graubraune, schlackenartige Masse darstellt. Diese Masse führt den Namen rohe Soda.

Der Gehalt der rohen Soda an kohlensaurem Natron ist sehr verschieden; er variirt von 3—30 Procent. Je nach den verschiedenen Ländern und den verschiedenen Gewinnungsarten unterscheidet man folgende Sodasorten:

a) Barilla, Soda von Alicante, Malaga, Carthagena; man gewinnt sie aus der Barilla (Salsola soda), welche an der spanischen Küste angebaut wird. Sie enthält 25—30 Procent kohlensaures Natron.

b) Salicor oder Soda von Narbonne, durch Verbrennen von Salicornia annua erhalten, welche Pflanze man aussäet und nach der Samenentwickelung erntet, enthält 14 Procent kohlensaures Natron.

c) Blanquette oder Soda von Aigues-mortes, aus den zwischen Aigues-mortes und Frontignan vorkommenden Strandpflanzen: Salicornia europaea, Salsola tragus, Salsola Kali, Statice limonium, Atriplex portulacoïdes etc. dargestellt, enthält nur 3—8 Procent kohlensaures Natron.

d) Noch geringer als die vorstehende Sorte ist die Vareksoda (Tangsoda), welche in der Normandie aus verschiedenen Tangen, besonders dem Blasentang (goëmon, fucus vesiculosus) bereitet wird.

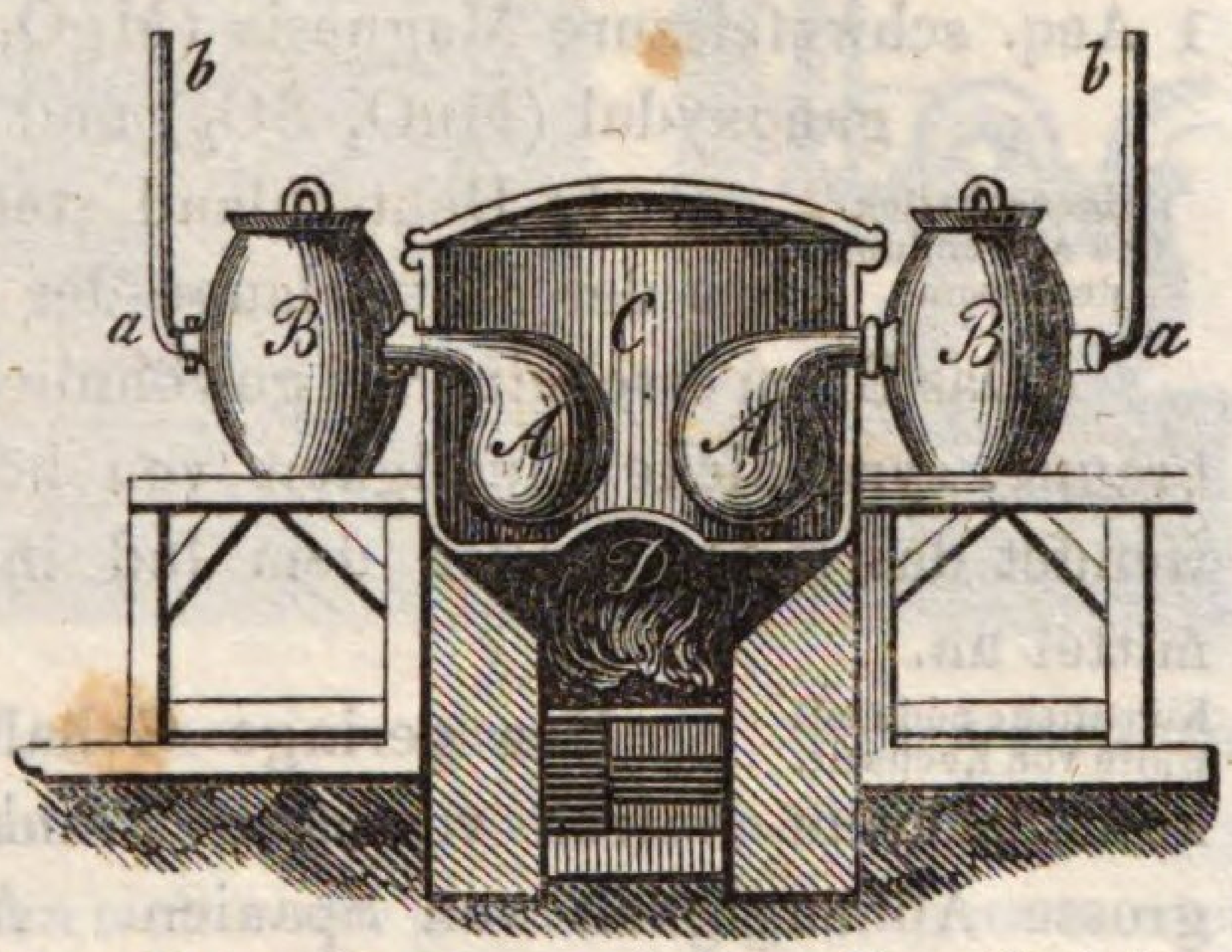
e) Mit der Vareksoda ziemlich gleichwerthig ist der Kelp, den man an den Küsten Grossbritanniens (in Schottland, Irland und auf den Orkneyinseln) aus verschiedenen Salsola- und Tangarten *(sea wead, sea wrack)*, besonders aus Rhodomenia palmata darstellt. 480 Ctr. getrocknete See- und Strandpflanzen liefern gegen 20 Ctr. Kelp und diese nur 50—100 Pfund kohlensaures Natron. Trotz des so geringen Sodagehaltes waren vor der Einführung der Sodafabrikation aus Kochsalz allein auf den Orkneyinseln gegen 20,000 Personen mit der Kelpgewinnung beschäftigt.

Die rohe Soda enthält ausser kohlensaurem Natron schwefelsaure Salze, Schwefelmetalle, Jod- und Bromnatrium. Die Gewinnung des Jodes und des Broms aus der rohen Soda wird in der Kürze beschrieben werden.

Jodgewinnung. Zur Gewinnung des Jods wendet man vorzugsweise den Kelp der Westküsten von Irland und der westlichen Küsten von Schottland an; zu diesem Zwecke wird derselbe mit Wasser ausgezogen, was ungefähr 50 pCt. Salze auszieht; die Lösung verdampft und die über den herauskrystallisirten Salzen stehende Mutterlauge, welche Jodmagnesium, Brommagnesium und Chlormagnesium, ausserdem kohlensaures Natron enthält, genau mit Schwefelsäure gesättigt; hierbei entweichen Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure. Die Lauge wird nun entweder mit Schwefelsäure und Braunstein erhitzt, oder in die-

selbe Chlorgas geleitet. Nach der letzteren Methode wird das Jod aus dem Jodmagnesium ausgeschieden und durch Chlor ersetzt ($MgJ + Cl = MgCl + J$). Das Jod ist in Wasser sehr wenig löslich und fällt als schwarzes Pulver zu Boden. Bei dieser Operation muss genau die zur Zersetzung des Jodmagnesiums nothwendige Menge Chlor angewendet werden; war die Menge des Chlors zu gering, so scheidet sich kein Jod aus; im entgegengesetzten Falle bildet sich Chlorjod und freies Brom, welche beide Körper zum Theil dampfförmig entweichen. Das abgeschiedene Jod wird von der darüber stehenden Flüssigkeit getrennt zum Abtropfen in ein thönernes, mit Löchern versehenes Gefäss gebracht und auf Löschpapier vollends getrocknet. Bei allen diesen Operationen muss die Anwendung von Metall vermieden werden. Das so erhaltene Jod wird durch Sublimation gereinigt. Zu dieser Operation dient der in beistehender Figur (Fig. 4) abgezeichnete Apparat, der aus steinernen Retorten *A*, *A*, die sich in dem Sandbade *C* befinden, welches durch die Feuerung *D* erwärmt wird, besteht. In eine jede dieser Retorten bringt man ungefähr 40 Pfund Jod, umschüttet sie vollständig mit Sand, damit sich kein Jod an dem oberen Theile condensire und den Retortenhals verstopfe. Der Retortenhals führt in die Vorlagen *B B*, in welchen sich das Jod krystallinisch ansetzt. Die zur Seite der Vorlagen befindlichen Röhren *a b*, *a b* leiten die bei der Sublimation sich entwickelnden Wasserdämpfe ab.

Fig. 4.




Eigenschaften und Anwendung des Jod.

Das Jod erscheint als ein schwarzgrauer, krystallinischer, metallglänzender Körper, dem Graphit nicht unähnlich, der sich beim Erhitzen in violette Dämpfe verwandelt. Das Jod löst sich etwas in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Eine Auflösung des Jodes mit Stärke zusammengebracht, färbt letztere violett. Vorgekommene Verfälschung des Jodes mit Kohlenpulver oder Graphit lässt sich durch Behandeln mit Alkohol oder durch Sublimation auffinden. Bisweilen hat man auch das Gewicht des Jodes durch Wasserzusatz zu vermehren gesucht. — Man wendet das Jod in grosser Menge in der Photographie und Daguerreotypie, zur Bereitung des Jodquecksilbers, des Jodkaliums und anderer Arzneimittel an.

Jodkalium.

Das Jodkalium ist ein in blendendweissen Würfeln krystallisirendes Salz, das man darstellt, indem man Jod mit Kalilösung zusammenbringt ($6\ J + 6\ KO = 5\ KJ + KO, JO_5$), das Gemenge von jodsaurem Kali und Jodkalium zur Trockne verdampft und den Rückstand bis zum Glühen erhitzt; es bleibt Jodkalium zurück, das durch Umkrystallisiren gereinigt wird ($5\ KJ + KO, JO_5 = 6\ O + 6 KJ$). Nach einer

andern Methode zersetzt man Schwefelbaryum mit Jod (Ba S + J = Ba J + S), und das entstandene Jodbaryum durch schwefelsaures Kali (Ba J + KO, $SO_3$ = KJ + BaO, $SO_3$); nach einer dritten Methode stellt man Jodkalium durch Zersetzen von Jodeisen mit kohlensaurem Kali dar (Fe J + KO, $CO_2$ = KJ + FeO, $CO_2$).

Bromgewinnung.

Die Mutterlaugen, aus welchen durch Chlor das Jod ausgeschieden worden ist, werden in kleineren Gefässen zur Trockne verdampft und die trockne Masse mit Schwefelsäure und Braunstein (Mangansuperoxyd) destillirt. Das Brom entweicht gasförmig und wird in einer gut abgekühlten Retorte aufgefangen, in welcher sich etwas concentrirte Schwefelsäure befindet. Das Brom ist specifisch schwerer als die Schwefelsäure, deshalb schwimmt die letztere auf dem Brom und verhindert das Verdampfen desselben. Die Theorie der Bromgewinnung lässt sich durch folgendes Schema verdeutlichen, wobei wir annehmen, dass die abgedampfte Masse nur aus Brommagnesium bestehe:

1 Aeq. Brommagnesium (MgBr), 1 Aeq. Mangansuperoxyd ($MnO_2$) und 2 Aeq. Schwefelsäure ($2SO_3$)

geben:

1 Aeq. schwefelsaure Magnesia (MgO, $SO_3$), 1 Aeq. schwefelsaures Manganoxydul (MnO, $SO_3$) und 1 Aeq. Brom (Br).

Eigenschaften und Anwendung des Broms.

In Deutschland stellt man z. B. in Schönebeck Brom aus der Mutterlauge der dortigen Saline dar.

Das Brom erscheint bei gewöhnlicher Temperatur als eine dunkelrothbraune, syrupdicke Flüssigkeit von höchst unangenehmem Geruch. Man wendet das Brom ähnlich dem Jod in der Photographie und als Arzneimittel an.

Künstliche Soda mit Hülfe von Kochsalz.

Der geringe Gehalt der französischen Sodasorten an kohlensaurem Natron versetzte Frankreich viele Jahre hindurch in eine grosse Abhängigkeit von Spanien. Alle die zahlreichen Methoden, die von den französischen Chemikern ausfindig gemacht wurden, aus dem Kochsalze eine der Barilla an Wohlfeilheit und Güte gleichkommende Soda zu liefern, führten zu keinem Resultate und ein Preis von 20,000 Livres, welchen die Pariser Akademie 1782 für die Lösung der Aufgabe ausgesetzt hatte, wurde nicht errungen. Nach wie vor gingen von Frankreich aus jährlich 20 bis 30 Millionen Franken für Soda nach Spanien. Erst in Folge der Revolutionskriege, wo die Einfuhr von Soda und Potasche gehemmt war und alle Potasche, die Frankreich selbst erzeugte, sofort von den Salpetersiedern und Pulverfabrikanten consumirt wurde, lernte man die Mittel kennen und anwenden, aus Kochsalz in ergiebiger Weise Soda zu gewinnen.

Der Wohlfahrtsausschuss decretirte im Jahre 1794, dass ihm über alle Sodafabriken die genauesten Angaben mitzutheilen seien. Die Fabrikanten Leblanc und Dizé waren die ersten, welche diesem Aufrufe Folge leisteten, und die Grundsätze, nach denen sie eben im Begriff stan-

den, eine Sodafabrik zu errichten, der allgemeinen Benutzung überliessen. Es wurde von der Beurtheilungscommission für das zweckmässigste erklärt und ist auch bis auf die heutige Zeit das fast ausschliesslich angewendete Verfahren geblieben.

Verfahren von Leblanc.

Der Process der Sodafabrikation nach **Leblanc** zerfällt in drei Abtheilungen:

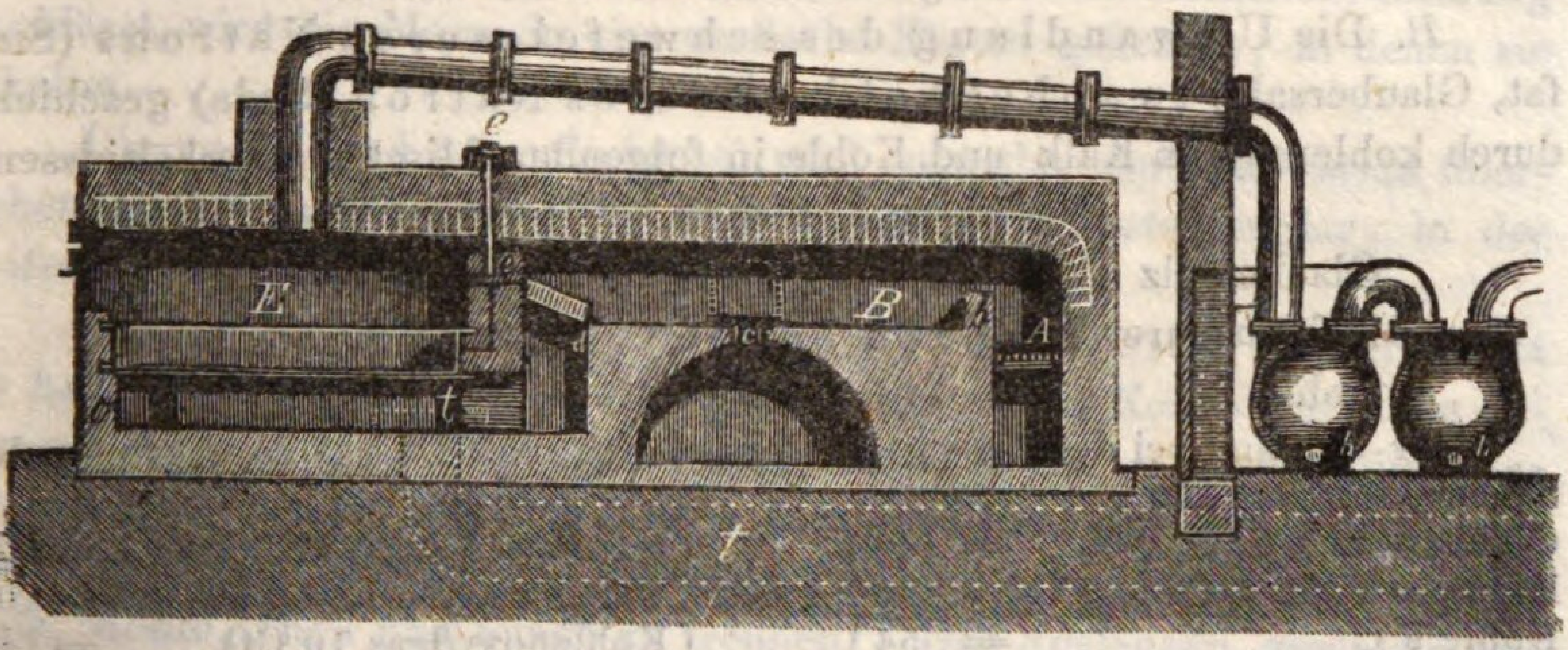
*a*) in die Erzeugung von schwefelsaurem Natron aus Kochsalz und Schwefelsäure;

*b*) in die Umwandlung des schwefelsauren Natrons in rohes kohlensaures Natron;

*c*) in die Reinigung der rohen Soda.

*A*. Die Zersetzung des Kochsalzes durch Schwefelsäure wird in besondern Flammenöfen (**Sulfatöfen**) (Fig. 5) vorgenommen, welche zwei

Fig. 5.




Abtheilungen *B* und *E* haben. Letztere ist vom Feuer weiter entfernt und besteht aus Bleiplatten, welche von einer gusseisernen Sohle getragen werden. In Schottland bedient man sich einer gusseisernen eingemauerten Schale, welche von concentrirter Schwefelsäure nicht angegriffen wird. Das in dieser Abtheilung sich entwickelnde salzsaure Gas geht durch steinzeugene Röhren *C* nach den Condensationsflaschen *h*, *h*. In diese Abtheilung bringt man das Kochsalz und giesst durch einen gebogenen Bleitrichter die zur Zersetzung nothwendige oder etwas weniger Schwefelsäure darüber, um sicher zu sein, dass die kostspielige Schwefelsäure ihre Wirkung vollständig ausübt. Auf 100 Theile Kochsalz rechnet man 137 Theile Schwefelsäure, wie sie aus den Bleikammern abläuft; dadurch erhält man durchschnittlich 116 Theile Glaubersalz. Sobald die Gasentwicklung der heissen Masse in der Abtheilung *E* aufgehört hat, wird sie nach Beseitigung des Schiebers in den gemauerten Raum *B* gebracht und dort erhitzt, bis sich weder Salzsäure noch Wasser mehr entwickeln. Während der Calcination wird die Masse von Zeit zu Zeit durchgekrückt; zuletzt wird das glühend heisse Glaubersalz durch eine in der Herdsohle angebrachte Oeffnung in einen Abkühlungsraum herabgestürzt. Die auf dem

Roste *A* entwickelte Flamme geht, nachdem sie die Abtheilung *B* bestrichen, bei *d* abwärts und gelangt durch die Röhren *t* in Condensationsgefässe.

Der Process der Umwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz geht auf folgende Weise vor sich:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kochsalz Na Cl | = 60 | geben | Glaubersalz NaO, $SO_3$ | = 72 |
| Schwefelsäure $SO_3$, HO | = 49 | | Salzsäure Cl H | = 37 |
| | 109 | | | 109 |

Ist mit der Sodafabrik eine Chlorkalkfabrik verbunden, so mengt man das zur Zersetzung anzuwendende Kochsalz mit Braunstein ($MnO_2$) und verfährt dann wie gewöhnlich, nur wendet man die doppelte Menge der Schwefelsäure an, es entwickelt sich hierbei keine Salzsäure, sondern Chlorgas:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kochsalz Na Cl | = 60 | geben | Glaubersalz NaO, $SO_3$ | = 72 |
| Schwefelsäure 2 $SO_3$, HO | = 98 | | Manganvitriol MnO, $SO_3$ | = 76,2 |
| Braunstein $MnO_2$ | = 43,6 | | Chlor u. Wasser Cl+2HO | = 53,4 |
| | 201,6 | | | 201,6 |

Die Schwefelsäure des zurückbleibenden Manganvitriols kann durch Glühen der Masse mit einer neuen Menge Kochsalz verwerthet werden.

*B.* Die Umwandlung des schwefelsauren Natrons (Sulfat, Glaubersalz) in rohes kohlensaures Natron (Soda) geschieht durch kohlensauren Kalk und Kohle in folgenden Mischungsverhältnissen:

| | Verfahren Leblanc's. | Heutiges Verfahren. |
|---|---|---|
| Glaubersalz | 200 | 200 |
| Kohlensaurer Kalk | 200 | 210 |
| Kohle | 100 | 106 |

Der Vorgang bei der Umwandlung lässt sich nach Dumas durch folgendes Schema verdeutlichen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Glaubersalz 2 NaO, $SO_3$ | = 144 | geben | Kohlens. Natron 2 NaO, $CO_2$ | = 108 |
| Kohlens. Kalk 3 CaO, $CO_2$ | = 150 | | Calciumoxysulfur. 2CaO, CaS | = 100 |
| Kohle 9 C | = 54 | | Kohlenoxydgas 10 CO | = 140 |
| | 348 | | | 348 |

a) Die Kohle verbrennt auf Kosten des Sauerstoffs des Glaubersalzes und bewirkt dadurch die Bildung von Schwefelnatrium und Kohlenoxydgas:

| | | |
|---|---|---|
| Glaubersalz NaO, $SO_3$ | geben | Schwefelnatrium NaS |
| Kohle 4 C | | Kohlenoxyd 4 CO |

b) Das auf diese Weise entstandene Schwefelnatrium wird durch den kohlensauren Kalk unter Bildung von kohlensaurem Natron und Calciumoxysulfuret unter Entweichung eines Theiles der Kohlensäure zersetzt:

| | | |
|---|---|---|
| Schwefelnatrium 2 NaS | geben | Kohlens. Natron 2 NaO, $CO_2$ |
| Kohlensaurer Kalk 3 CaO, $CO_2$ | | Calciumoxysulfuret CaO, 2CaS |
| | | Kohlensäure $CO_2$ |

Nach Unger verliert, nachdem sich das Schwefelnatrium gebildet hat, der kohlensaure Kalk die Kohlensäure und es bleibt ein Gemenge zurück von Aetzkalk, Schwefelnatrium und Kohle, welches sich zu Calciumoxysulfuret und Aetznatron umsetzt, welches letztere durch Aufnahme der durch Verbrennung von Kohle entstandenen Kohlensäure in kohlensaures Natron übergeht.

Nach Unger geht die Sodabildung auf folgende Weise vor sich:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Glaubersalz 3 NaO, $SO_2$ | = 213 | geben | Calciumoxysulf. CaO, 3 CaS | = 136 |
| Kohlens. Kalk 4 CaO, $CO_2$ | = 200 | | Natron 3 NaO | = 93 |
| Kohle 19 C | = 114 | | Kohlenoxyd 20 CO | = 280 |
| | | | Kohle 3 C | = 18 |
| | 527 | | | 527 |

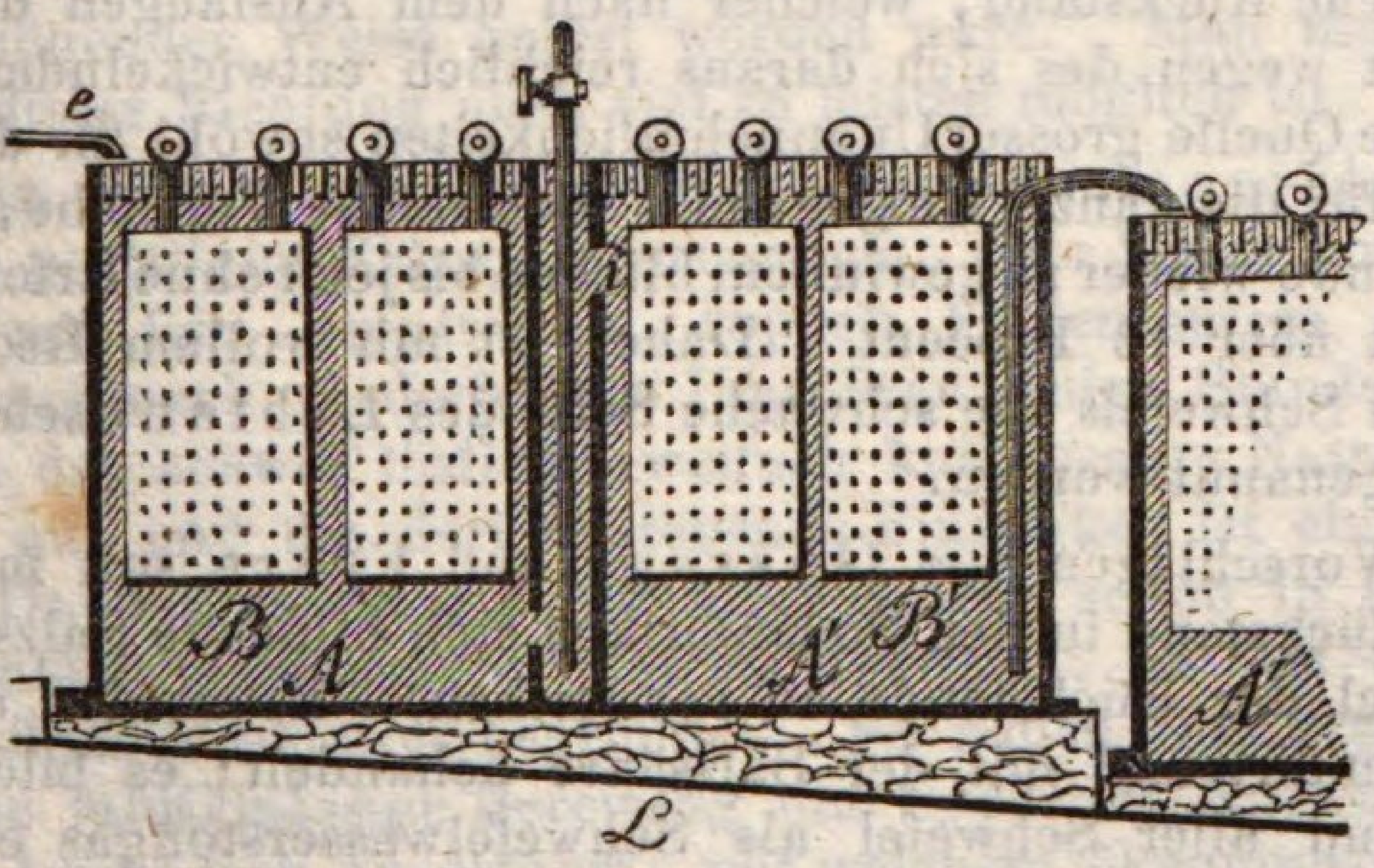
Diese drei Aequivalente Kohlenstoff würden durch Verbrennung in Kohlensäure übergehen und das Natron in kohlensaures Natron überführen.

Man wendet den kohlensauren Kalk als Kreide oder als Kalkstein an, welcher letztere möglichst frei sein muss von Thonerdesilicaten. Kalk und Kohle (Abfälle von Kohlen, Steinkohlengrus) wendet man fein gepulvert, das Glaubersalz wegen seiner Leichtschmelzbarkeit in groben Stücken an. Das Gemenge wird nun in einen Flammenofen eingetragen und möglichst gleichförmig ausgebreitet. Im Anfang führt der Luftzug einen Theil der Masse mit sich fort, weshalb der Ofen fest geschlossen gehalten wird; bald darauf fängt das Gemenge an zu schmelzen, bäckt zusammen und ballt sich. Die Masse wird mit eisernen Krücken durchgearbeitet. Sobald die Masse schmilzt und breiartig wird, entwickelt sie Kohlenoxydgas in reichlicher Menge, das aus dem Brei in Gestalt kleiner Flämmchen emporsteigt. Nach und nach steigert sich die Gasentwickelung dergestalt, dass die ganze Masse zu kochen scheint. Sobald die Kohlenoxydbildung nachlässt, wird die Masse in eiserne flache Kästen gekrückt, in denen sie erkaltet.

Die r o h e S o d a (soude brute) wird entweder der Raffination übergeben oder ohne Weiteres zur Fabrikation von Bouteillenglas, in der Seifensiederei und Bleicherei verwendet.

*C.* D i e R e i n i g u n g d e r r o h e n S o d a. Die rohe Soda erscheint als halbverschlackte Asche und bildet eine graue, mit Kohlenstückchen gemengte mehr oder minder feste Masse. Zuerst ist es nothwendig, aus der rohen Soda alle löslichen Theile herauszuziehen und auf diese Weise die unlöslichen Bestandtheile derselben (Calciumoxysulfuret, kohlensauren Kalk, Kohle, Thon und Sand) zu trennen. Das Auslaugen geschieht mit warmem Wasser. Um mit der geringsten Menge Wasser eine Erschöpfung der auszulaugenden Masse zu bewirken, bringt man die anfangs schwache Lauge wiederholt auf frische Mengen der auszulaugenden Masse. Die zum Auslaugen angewendeten Gefässe *A*, *A* (Fig. 6) sind von Eisen und

Fig. 6.



durch eingesetzte Doppelwände in zwei Theile getheilt; in diese Gefässe hängt man in blecherne durchlöcherte Kästen *B*, *B* die rohe Soda. Diese Auslaugegefässe sind terrassenähnlich neben einander aufgestellt, so dass die

aus dem ersten Gefäss abfliessende Lauge nach einander durch sämmtliche Bottiche fliesst. Indem nun das erste Gefäss mit warmem Wasser angefüllt wird, während bei *e* fortwährend Wasser zufliesst, strömt die Lösung in die folgenden Bottiche, so dass man endlich eine gesättigte Lösung erhält. Um die Auflösung zu befördern, wird die Temperatur der Flüssigkeit mittelst eines in die Auslaugebottiche eintretenden Dampfrohrs auf 35—40° erhalten. Wesentlich wird der Auslaugeprocess dadurch beschleunigt, dass die auszulaugende rohe Soda im oberen Theile der Flüssigkeit hängt, die sich um die Soda herum bildende gesättigte und chwere Lös ung sinkt zu Boden und macht neuer Flüssigkeit Platz.

Die Lauge von 28—30° B. wird in Bleipfannen oder auch in einem Flammenofen zur Trockne gebracht.

Das trockne Salz wird dann in einem Flammenofen stark erhitzt, durch diesen Process wird das Schwefelnatrium in schwefelsaures Natron und ein Theil des Hydrates in kohlensaures Natron umgewandelt. Das Salz ist, so wie es aus dem Ofen kommt, zum Verkaufe fertig.

Die aus dem Sodasalz durch Behandeln in dem Flammenofen erhaltene Soda enthält ungefähr 48—53 Procent verwerthbares Natron mit Kohlensäure und Wasser verbunden.

Auch das Sodasalz und die Sodaasche der Fabriken wird in Flammenöfen einem oxydirenden Kohlungsprocesse unterworfen; dadurch werden die letzten Spuren von Schwefel oxydirt und fast alles Natronhydrat in kohlensaures Natron verwandelt. Aus der so erhaltenen Soda (calcinirte Soda) stellt man das krystallisirte kohlensaure Natron dar. Die calcinirte Soda wird in siedendem Wasser gelöst, bis die Auflösung ein specifisches Gewicht von 1,250 zeigt. Die Krystallbildung wird durch Einhängen von 2—3 Zoll breiten Holzstäben in die Flüssigkeit sehr befördert.

Das so erhaltene Salz hat die Formel $NaO, CO_2 + 10 Aq$.

Der unlösliche Rückstand, welcher nach dem Auslaugen der rohen Soda zurückbleibt, ist wegen des sich daraus reichlich entwickelnden Schwefelwasserstoffgases eine Quelle grosser Unannehmlichkeiten sowohl für den Fabrikanten selbst, als auch für die ganze Umgegend. Zahlreiche Versuche, den Schwefel aus dem Rückstande wieder zu gewinnen, blieben bis jetzt ohne Erfolg. Der Schwefelgehalt beträgt über 13 Procent. Daher ist mit vollem Rechte der gänzliche Verlust des Schwefels die schwache Seite des Leblanc'schen Sodagewinnungsprocesses genannt worden.

Nach den Vorschlägen von Gossage und Favre soll man die gleichzeitig mit dem Rückstand in den Sodafabriken sich bildende Salzsäure benutzen, um den Schwefel der Rückstände zu verwerthen. Es werden die Rückstände in Wasser suspendirt und mit der Salzsäure behandelt; es bildet sich Chlorcalcium, während aller Schwefel als Schwefelwasserstoffgas entweicht. Um den in Gestalt von Schwefelwasserstoff entwickelten Schwefel zu benutzen, hat man vorgeschlagen, denselben durch eine gesättigte wässerige Lösung von schwefliger Säure (erhalten durch Verbrennen von Schwefelwasserstoff oder Schwefel, oder durch Rösten von Schwefelkies) zu leiten, wo sofort aller Schwe-

fel (mit Ausnahme eines geringen Antheils, der in Folge der stattfindenden Reaction als Pentathionsäure $S_6 O_5$ auftritt) als Schwefelmilch sich ausscheidet:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schweflige Säure } SO_2\\ \text{Schwefelwasserstoff } 2\ SH\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{Schwefel } 3\ S\\ \text{Wasser } 2\ HO\end{array}\right.$$

Nachdem sich eine hinreichende Menge Schwefel niedergeschlagen hat, trennt man denselben von der Flüssigkeit, worin er suspendirt ist.

Sonstige Verfahren der Darstellung von Soda.

Nach Kopp's Verfahren der Sodafabrikation mischt man:

125 Kilogr. calcinirtes Glaubersalz,
80 ,, Eisenoxyd,
55 ,, Kohle

und schmilzt die Masse in einem gewöhnlichen Sodaschmelzofen:

$$\left.\begin{array}{l}2\ Fe_2 O_3\\ 3\ NaO, SO_3\\ 16\ C\end{array}\right\}\begin{array}{c}\text{geben}\\ \text{beim}\\ \text{Glühen}\end{array}\left\{\begin{array}{l}Fe_4 Na_3 S_3\\ 14\ CO\\ 5\ CO_2\end{array}\right.$$

Die rohe eisenhaltige Soda absorbirt an der Luft ausser Wasser Sauerstoff und Kohlensäure und verwandelt sich in kohlensaures Natron und einen unlöslichen Rückstand von natriumhaltigem Schwefeleisen $Fe_4 Na_3 S_3$:

$$\left.\begin{array}{l}Fe_4 Na_3 S_3\\ 2\ O\\ 2\ CO_2\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}2\ NaO, CO_2\\ F_4 S_2 + NaS\end{array}\right.$$

Das Auslaugen wird mit Wasser von 30—40° vorgenommen. Ist die Lufttemperatur nicht zu hoch, so liefern die starken Lösungen im Allgemeinen ohne vorheriges Concentriren nach 24—48 Stunden eine reichliche und schöne Krystallisation von grossen farblosen Sodakrystallen. Der unlösliche Rückstand wird getrocknet und geröstet; die dabei sich entwickelnde schweflige Säure wird in den Bleikammern sofort wieder in Schwefelsäure übergeführt, welche wieder zur Umwandelung von Kochsalz in Glaubersalz dient, so dass also derselbe Schwefel immer wieder benutzt wird:

$$\left.\begin{array}{l}Fe_4 Na S_3\\ 14\ O\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}2\ Fe_2 O_3\\ NaO, SO_3\\ 2\ SO_2\end{array}\right.$$

Aus dem Röstrückstande wird das schwefelsaure Natron durch Auslaugen entfernt. Es ist nicht zu läugnen, dass das Kopp'sche Verfahren vor der Methode von Leblanc grosse Vorzüge darbietet.

Eine directe Ueberführung des Kochsalzes in kohlensaures Natron oder Soda ist auf mannichfache Weise versucht worden, ohne dass das Problem in genügender Weise gelöst worden wäre. Man muss indessen zugeben, dass in dieser Richtung noch viel zu leisten möglich ist.

Bringt man zweifach kohlensaures Ammoniak in concentrirter Lösung mit gesättigter Salzsoole zusammen, oder besser noch, mischt man die Salzsoole mit fein gepulvertem doppelt kohlensaurem Ammoniak und lässt die Mischung nach wiederholtem Umrühren einige Stunden ruhig stehen, so sondert sich das schwer lösliche zweifach kohlensaure Natron als krystallinisches Pulver aus und die darüberstehende Flüssigkeit ist eine wässerige Salmiaklösung. Da das zweifach kohlensaure Natron schon in schwacher Rothglühhitze in einfach kohlensaures Natron übergeht, so hat man darauf ein Verfahren der Sodafabrikation begründet. So haben Dyar und Hemming in England eine fabrikmässige Bereitung der Soda aus Kochsalz und doppelt kohlensaurem Ammoniak ausgeführt; mit welchem ökonomischen Erfolge, ist nicht bekannt. Das neue Verfahren von Schloesing, auf welches derselbe 1855 für England ein Patent erhielt, enthält einige Verbesserungen, obgleich es im Grunde dem vorstehenden Verfahren gleich ist. Schloesing benutzt zur

Sodafabrikation eine concentrirte Kochsalzlösung, welche mit Ammoniak gesättigt ist, und Kohlensäuregas:

$$\left.\begin{array}{l} Cl\,Na \\ NH_3,\ HO \\ 2\ CO_2 \end{array}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{array}{l} NaO,\ HO,\ 2\ CO_2 \\ NH_4\ Cl \end{array}\right.$$

Die erste Operation besteht darin, Ammoniak und Kohlensäure auf Kochsalzlösung einwirken zu lassen. Man wendet hierzu an auf 100 Theile Wasser 30—33 Theile Kochsalz, $8\frac{1}{2}$—10 Theile Ammoniak und Kohlensäure im Ueberschuss. Die Absonderung des unlöslich ausgeschiedenen zweifach kohlensauren Natrons von der Flüssigkeit bildet die zweite Operation. Man bewirkt dieselbe mittelst eines Centrifugalapparates. Soll die Soda vollkommen rein werden, so mischt man das Salz im Centrifugalapparate mit einer Lösung von zweifach kohlensaurem Natron. Die dritte Operation, das Calciniren des zweifach kohlensauren Natrons und die dadurch bewirkte Ueberführung in Soda, wird in einem Cylinder aus Eisenblech ausgeführt. Die entweichende Kohlensäure wird aufgefangen. Die vierte und fünfte Operation bezwecken die Wiedergewinnung der Kohlensäure und des Ammoniaks aus der Flüssigkeit, von welcher das Natronbicarbonat durch den Centrifugalapparat getrennt worden ist. Man erhitzt die Flüssigkeit erst für sich in einem Kessel, wobei Kohlensäure und Dämpfe von kohlensaurem Ammoniak entweichen. Diese leitet man durch einen Cylinder, in welchem eine gleichartige kalte Flüssigkeit über Koks herabrinnt. Diese Flüssigkeit absorbirt dabei die Ammoniakdämpfe, lässt aber die Kohlensäure weiter gehen, welche aufgefangen wird. Die Flüssigkeit wird darauf mit Kalkmilch erhitzt, so dass das Ammoniak ausgetrieben wird. Nachdem die Flüssigkeit von Kohlensäure und Ammoniak befreit ist, wird sie durch Absetzenlassen geklärt und dann das noch darin enthaltene Kochsalz durch Abdampfen wieder gewonnen, was die sechste Operation bildet.

Aetznatronlauge. Eben so wie die Anwendung der Potasche beruht auch die der Soda in den meisten Fällen auf ihrem Gehalte an Alkali und die Kohlensäure kommt nur insofern in Betracht, als sie der Anwendung der Soda in vielen Fällen hinderlich ist und abgeschieden werden muss. Die Bereitung der Aetznatronlauge[1]) geschieht auf dieselbe Weise wie die der Aetzkalilauge. Nach den Untersuchungen von Dalton entspricht

| ein spec. Gewicht der Natronlauge | Natronprocenten |
|---|---|
| 2,00 | 77,8 |
| 1,85 | 63,6 |
| 1,72 | 53,8 |
| 1,63 | 46,6 |
| 1,56 | 41,2 |
| 1,50 | 36,8 |
| 1,47 | 34,0 |
| 1,44 | 31,0 |
| 1,40 | 29,0 |
| 1,36 | 26,0 |
| 1,32 | 23,0 |
| 1,29 | 19,0 |
| 1,23 | 16,0 |
| 1,18 | 13,0 |
| 1,12 | 9,0 |
| 1,06 | 4,7. |

[1]) Seit einigen Jahren wird der Kryolith $Al_2\ Fl_3$, 3 Na Fl zu sehr billigem Preise unter dem Namen Mineralsoda aus Grönland eingeführt. Dieses

Zweifach kohlensaures Natron.

Das zweifach oder doppelt kohlensaure Natron (bicarbonate de soude), NaO, HO, 2 $CO_2$, wird dargestellt, indem man gewaschenes Kohlensäuregas durch eine Auflösung von kohlensaurem Natron leitet. War die Lösung concentrirt, so scheidet sich das zweifach kohlensaure Natron als krystallinisches Pulver aus, war sie verdünnt, so erhält man grosse Krystalle. Da das Kohlensäuregas jedoch nur langsam von der Lösung absorbirt wird, so ist es vortheilhafter, die Kohlensäure auf das krystallisirte oder zum Theil verwitterte kohlensaure Natron einwirken zu lassen. Man nimmt ein inniges Gemenge von 1 Theil krystallisirtem kohlensauren Natron mit 4 Theilen verwittertem Salz oder auch ein Gemenge beider Salze zu gleichen Gewichtstheilen und bewirkt die Sättigung dieses Gemenges am einfachsten durch Hinstellen in flachen Schalen neben gährenden Most, Bierwürze oder Branntweinmaische. Wo Kohlensäure der Erde entströmt, ist die Bereitung dieses Salzes sehr vereinfacht.

Durch die Einwirkung des Kohlensäuregases auf das krystallisirte kohlensaure Natron entsteht zuerst Sesquicarbonat (2 NaO, 3 $CO_2$ + 3 HO, dem Urao und der Trona entsprechend) und aus diesem erst Bicarbonat (NaO, HO, 2 $CO_2$). Die neun Aequivalente Wasser, welche aus jedem Aequivalent des krystallisirten kohlensauren Natrons hierbei austreten, lösen einen Theil des kohlensauren Natrons auf und sammeln sich in einem Reservoir an. Diese Lösung dient bei weiteren Operationen zum Befeuchten der zu behandelnden Krystalle.

Zuweilen stellt man auch das Kohlensäuregas durch die Einwirkung von Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk oder, wo es die Umstände erlauben, von Salzsäure auf Marmor oder Dolomit dar.

Das so erhaltene zweifach kohlensaure Natron wird in einem Strome Kohlensäuregas bei etwa 40° getrocknet.

Man hat ferner vorgeschlagen, das Natronbicarbonat dadurch darzustellen, dass man dem einfach kohlensauren Natron die Hälfte seines Natrons durch eine Säure entzieht, wobei die andere Hälfte mit der Kohlensäure zu Bicarbonat zusammentritt. Man löst zu diesem Zwecke $28\frac{1}{2}$ Theile krystallisirtes kohlensaures Natron in der doppelten Gewichtsmenge warmen Wassers und bringt die Lösung in einen grossen Glasballon. Darauf bringt man durch eine bis auf den Boden des Ballons reichende Trichterröhre $4\frac{9}{10}$ Th. englische Schwefelsäure in die Flüssigkeit, wobei dieselbe nicht bewegt werden darf. Beim ruhigen Stehenlassen scheidet sich nach einigen Tagen das Bicarbonat in Krystallen ab, welche mit Wasser abgespült und getrocknet werden.

Das zweifach kohlensaure Natron krystallisirt in vierseitigen Tafeln, reagirt schwach alkalisch und verliert schon bei 70°, so wie beim Kochen seiner Lösung Kohlensäure und geht in einfach kohlensaures Natron über. An trockener Luft verwandelt es sich nach und nach in anderthalb kohlensaures Salz. Seine Lösung giebt bei 0° die Hälfte der Kohlensäure ab.

---

Mineral verdient seines grossen Natriumgehaltes (33 Procent) und seiner leichten Zersetzbarkeit wegen alle Beachtung.

Man benutzt es zur Entwickelung von Kohlensäure bei der Herstellung von moussirenden Getränken, so wie zur Bereitung eines Bades zum Vergolden und Verplatiniren. Endlich ist es in neuerer Zeit zum Entschälen der Seide und zum Waschen der Wolle vorgeschlagen worden. Es soll die Seide und die Wolle weit weniger angreifen als Seife und Ammoniak.

1 Gramm dieses Salzes giebt, mit einer Säure vollständig zersetzt, ungefähr 270 Kubikcentimeter Kohlensäuregas, entsprechend 0,52 Grm.

## Materialien und Producte der Sodafabrikation.

Materialien und Producte der Sodafabrikation.

Zu den Materialien gehören der Schwefel und die daraus dargestellte Schwefelsäure, zu den Producten die Salzsäure, zwischen beiden steht das Glaubersalz. An diese Körper schliessen sich an die schweflige Säure, die unterschweflige Säure, der Schwefelkohlenstoff und der Chlorschwefel.

Schwefel.

Der Schwefel findet sich häufig im gediegenen Zustande im Gyps und in den damit in Verbindung stehenden Thon- und Mergellagern im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge; ferner auf Braun- und Steinkohlenflötzen. Ausserdem kommt er besonders vor in den Kratern mancher Vulkane und in den Sulfataren. In grosser Menge findet er sich auf Sicilien, von wo aus fast ganz Europa mit Schwefel versorgt wird. Der Schwefel setzt sich auch aus den Schwefelquellen ab. Der Schwefel kommt ferner mit Metallen verbunden als Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Rothgiltigerz u. s. w. und mit Sauerstoff als Schwefelsäure im Gyps, Schwerspath, Cölestin u. s. w., vor. Das Vorkommen des Schwefels in Gestalt von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure ist für die Technik von keiner Bedeutung.

Die Bereitungsart des käuflichen Schwefels (Rohschwefels) geschieht auf dreierlei Weise:

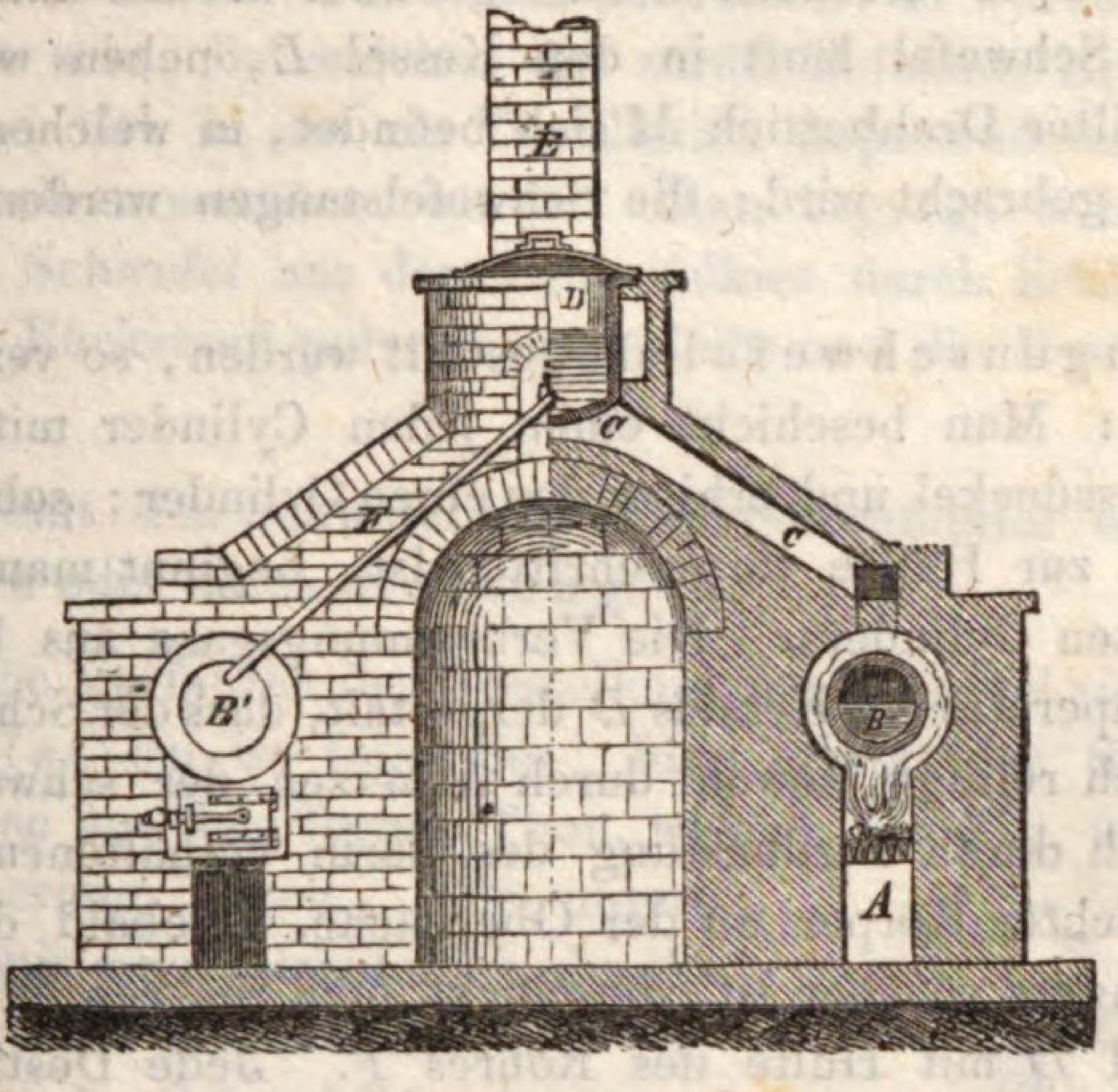
*a*) durch Reinigung oder Läuterung des natürlichen Schwefels;
*b*) durch Destillation von Schwefelkies;
*c*) durch Einwirkenlassen von Schwefelwasserstoff auf schweflige Säure.

Der durch Ausschmelzen erhaltene Schwefel ist der Rohschwefel; er enthält bis zu 8—10 pCt. erdige Theile. Um ihn davon zu befreien, wird er der Raffination unterworfen und beliebig entweder in Form von Stangen als Stangenschwefel oder als feines Pulver als Schwefelblumen in den Handel gebracht.

Der zur Raffination des Schwefels dienende Apparat besteht wesentlich aus einem oder aus zwei gusseisernen Cylindern *B* und *B'* (Fig. 7 und 8), welche die Stelle einer Retorte vertreten, und einer grossen Kammer *G*,

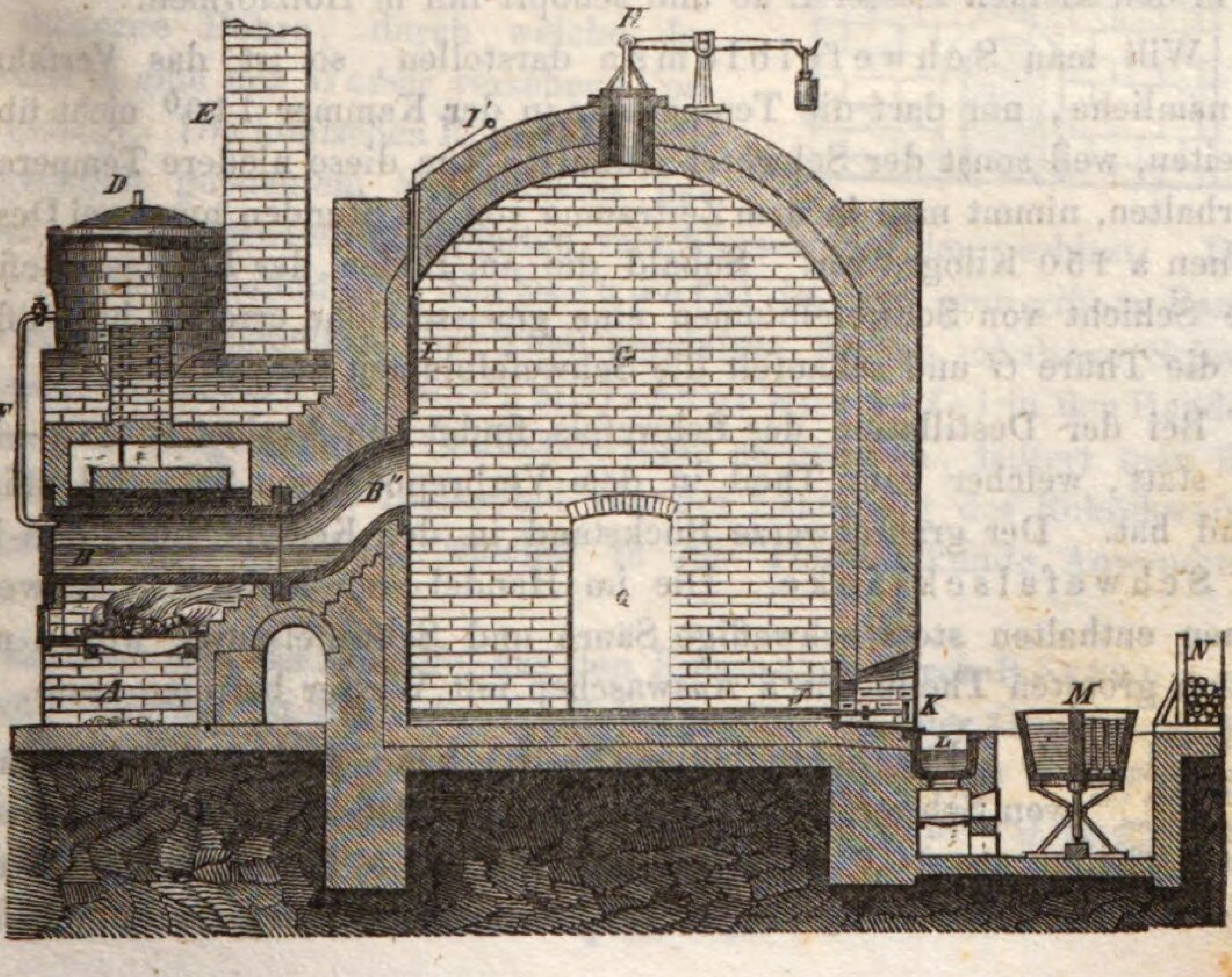
welche als Vorlage dient. Der erste Cylinder *B* wird durch den darunter befindlichen Feuerraum erhitzt. Die Flamme umspielt den Cylinder und entweicht nebst den Verbrennungsgasen durch den Schornstein *E*, nachdem sie vorher durch die Züge *C* einen Theil ihrer Wärme an den Kessel *D*

Fig. 7.



abgegeben haben, in welchem der Schwefel eine vorläufige Reinigung erleidet und durch das Rohr *F* in den Cylinder *B* fliesst. Die Cylinder *B''* mün-

Fig. 8.



den in die gewölbte Schwefelkammer, welche aus Backsteinen construirt ist. An dem einen Ende der Kammer ist eine Thüröffnung *Q*, welche von Innen durch eine mit Blei überzogene Thüre von Eisenblech, von Aussen durch Backsteine geschlossen ist. Am unteren Theile der Kammer ist in einer gusseisernen Platte ein rundes Loch, welches durch eine konische Stange *J*, *K* verschlossen oder geöffnet werden kann. Der durch *J* ausfliessende Schwefel läuft in den Kessel *L*, neben welchem ein in Fächer abgetheilter Drehbottich *M* sich befindet, in welchen der Schwefel in Stangenform gebracht wird; die Schwefelstangen werden bei *N* aufgespeichert.

Soll Stangenschwefel dargestellt werden, so verfährt man auf folgende Weise: Man beschickt einen jeden Cylinder mit Rohschwefel, lutirt die Schliessdeckel und erhitzt den einen Cylinder; sobald die Destillation darin bis zur Hälfte vorgeschritten ist, beginnt man mit dem Erhitzen des zweiten Cylinders. Die Verbrennungsgase aus beiden Herden steigern die Temperatur des Kessels *D* dergestalt, dass der Schwefel schmilzt und sich dadurch reinigt, sowohl durch Absetzen der schweren Unreinigkeiten, als auch durch Verdunstung des darin enthaltenen Wassers und Abscheidung leichter Körper an der Oberfläche. Sobald die Destillation des ersten Cylinders vorüber ist, beschickt man ihn von Neuem und zwar aus dem Kessel *D* mit Hülfe des Rohres *F*. Jede Destillation dauert acht Stunden; man erhält mit den beiden Cylindern in 24 Stunden in sechs Operationen 1800 Kilogr. Schwefel. Da die Temperatur in der Kammer stets über 112$^0$ bleibt, so erhält sich der Schwefel darin flüssig. Sobald die Schicht des geschmolzenen Schwefels dick genug ist, zieht man ihn in den kleinen Kessel *L* ab und schöpft ihn in Holzformen.

Will man Schwefelblumen darstellen, so ist das Verfahren das nämliche, nur darf die Temperatur in der Kammer 110$^0$ nicht überschreiten, weil sonst der Schwefel schmilzt. Um diese niedere Temperatur zu erhalten, nimmt man in dem Zeitraume von 24 Stunden nur zwei Destillationen à 150 Kilogr. vor. Sobald die am Boden der Kammer befindliche Schicht von Schwefelblumen eine gewisse Höhe erreicht hat, öffnet man die Thüre *G* und schaufelt die Schwefelblumen heraus.

Bei der Destillation des Schwefels findet ein Verlust von 11—20 pCt. statt, welcher zum Theil in dem Verbrennen von Schwefel seinen Grund hat. Der grauschwarze Rückstand in den Kesseln führt den Namen Schwefelschlacke. Die im Handel sich findenden Schwefelblumen enthalten stets schweflige Säure und Schwefelsäure, wovon man sie zum grössten Theile durch Auswaschen mit Wasser befreien kann.

Darstellung des Schwefels durch Destillation von Schwefelkies.

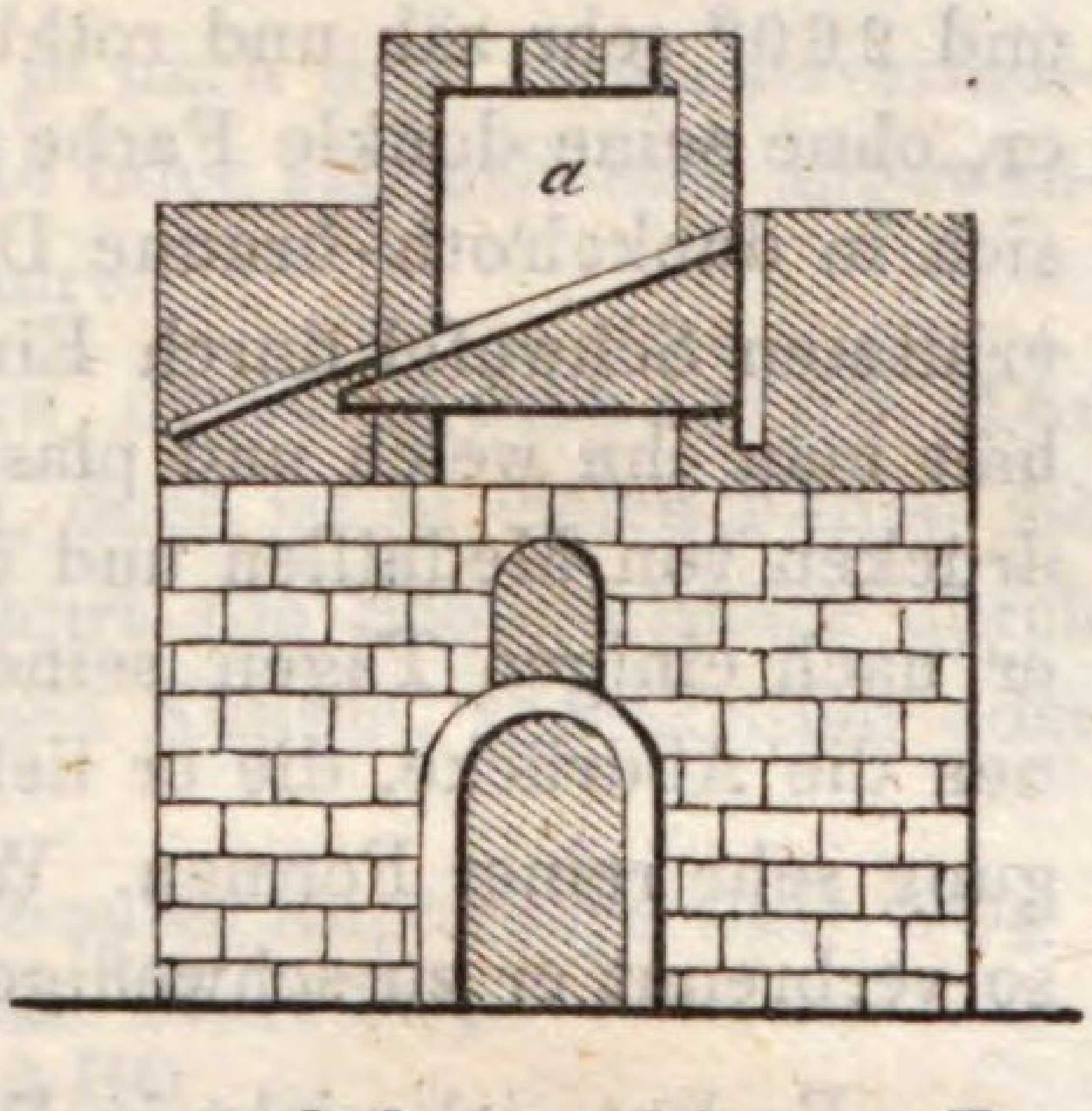
Der Schwefelkies ($Fe\,S_2$) kann auch zur Darstellung von Schwefel Anwendung finden. Der Schwefelkies besteht in 100 Theilen aus 46,7 Theilen Eisen und 53,3 Theilen Schwefel und ist demnach so zusammengesetzt, dass, wenn man ihm genau die Hälfte

des Schwefels entzieht, Eisen und Schwefel in einem solchen Verhältniss mit einander verbunden zurückbleiben, dass durch Oxydation dieser Verbindung Eisenvitriol sich bildet. Der Schwefelkies kann mithin 26,65 Theil Schwefel verlieren, ohne dadurch zur Eisenvitrioldarstellung untauglich zu werden. Wollte man jedoch die Hälfte des in dem Schwefelkies enthaltenen Schwefels durch Erhitzen austreiben, so würde eine Temperatur anzuwenden sein, bei welcher das zurückbleibende Einfach-Schwefeleisen schmelzen, sich in die zur Destillation angewendeten Thoncylinder ziehen und dieselben zerstören würde. Man begnügt sich deshalb, nur 13—14 Proc. Schwefel aus dem Schwefelkies durch Erhitzen abzuscheiden, wobei der Rückstand pulverförmig bleibt und die Destillationsgefässe nicht angreift.

Man gewinnt den Schwefel aus dem Schwefelkies entweder durch Destillation oder durch Röstung.

Das übliche Verfahren der Darstellung von Schwefel aus Schwefelkies durch Destillation ist folgendes: Man erhitzt den Schwefelkies in konischen Röhren aus feuerfestem Thon, welche, wie Fig. 9 zeigt, geneigt über einer Feuerung liegen. Die untere Oeffnung wird mit einer siebähnlich durchlöcherten Scheibe aus gebranntem Thon verschlossen, welche den Schwefelkies herabzufallen verhindert und doch dem ausgeschmolzenen Schwefel entweder im flüssigen Zustande oder als Schwefeldämpfe Austritt gestattet. An diesem Ende befindet sich eine thönerne Röhre, durch welche der Schwefel in eine mit Wasser versehene Vorlage gelangt. Die konischen Röhren werden mit gröblich gepochtem Schwefelkies beschickt, mit auflutirten Thonplatten verschlossen und dann erhitzt. Der in der Vorlage befindliche Rohschwefel ist von grau-grüner Farbe und wird durch Schmelzen zum Theil gereinigt; der so erhaltene Schwefel kommt in Stücken als geschmolzener Schwefel in den Handel. Um ihn von beigemengtem Schwefelarsenik zu befreien, läutert man ihn durch Destillation. Der Rückstand von der Läuterung des Rohschwefels ist der Rossschwefel, welcher in der Thierheilkunde Anwendung findet.

Fig. 9.




Es lässt sich der Schwefel aus den Kiesen auch durch Röstung gewinnen. Hierbei ist der Schwefel Nebenproduct bei der Gewinnung des Kupfers; aus kiesigen Kupfererzen (gewöhnlich Kupferkies) wurde früher am Unterharz in tropfsteinähnlicher Gestalt der sogenannte Jungfernschwefel gewonnen, indem man den Schwefel aus einer Oeffnung in einer Seite des Rösthaufens heraustropfen liess.

Gewinnung des Schwefels durch Reaction von Schwefelwasserstoff auf schweflige Säure.

Dumas machte die Beobachtung, dass, wenn man $^1/_3$ Schwefelwasserstoffgas verbrennt und die erzeugte schweflige Säure nebst $^2/_3$ Schwefelwasserstoffgas in eine feucht zu erhaltende Kammer leitet, man fast allen Schwefel erhalten könne.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schweflige Säure } SO_2 \\ \text{Schwefelwasserstoff } 2\ SH\end{array}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{array}{l}\text{Schwefel } 3\ S \\ \text{Wasser } 2\ HO\end{array}\right.$$

Die Reaction ist nun häufig zu Grunde gelegt worden, um den Schwefel aus Gyps, Schwerspath, dem Rückstande der Sodafabrikation wieder zu gewinnen. Das Verfahren kommt bei allen Vorschlägen darauf hinaus, dass man z. B. Schwerspath durch Glühen mit Kohle zu Schwefelbarium reducirt, letzteres mit Salzsäure übergiesst, um auf der einen Seite Chlorbarium, auf der anderen Schwefelwasserstoffgas zu erhalten, welches man entweder zum Theil verbrennt und dann, nach obiger Reaction, durch unverbrannten Schwefelwasserstoff in Schwefel überführt oder das Schwefelwasserstoffgas sofort in Wasser leitet, in welches zugleich schwefligsaures Gas, durch Rösten von Schwefelkies erzeugt, geleitet wird.

Eigenschaften und Anwendung des Schwefels.

Der Schwefel besitzt in seinem gewöhnlichen Zustande eine eigenthümliche gelbe Farbe, lässt sich leicht pulverisiren, hat ein specifisches Gewicht von 1,98—2,06, schmilzt bei 112$^0$ zu einer dünnflüssigen gelben Flüssigkeit, beginnt bei 160$^0$ dickflüssiger und pomeranzengelb zu werden, wird bei 220$^0$ zäh und röthlich, zwischen 240 und 260$^0$ sehr zäh und rothbraun, über 340$^0$ wieder etwas flüssiger, bis er, ohne seine dunkle Farbe zu verlieren, bei 420$^0$ zu sieden beginnt und sich in dunkelroth-braune Dämpfe verwandelt. Wenn man bis auf 230$^0$ erhitzten Schwefel durch Eintauchen in Wasser plötzlich abkühlt, so erhält man ihn weich und plastisch und er kann in diesem Zustande zu Abdrücken von Medaillen und überhaupt Gravirarbeiten benutzt werden. Da er nach einigen Tagen seine ursprüngliche Härte wieder erlangt, so können die Abdrücke, die er liefert, wieder als Matrizen dienen zur Verfertigung sehr reiner Formen. Wird der Schwefel bei Zutritt der Luft erhitzt, so verbrennt er zu schwefliger Säure.

Er löst sich nicht in Wasser, in unbedeutender Menge in absolutem Alkohol und Aether, weit leichter in erwärmten fetten und flüchtigen Oelen (zu Schwefelbalsam), sehr leicht in Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel. Er löst sich ferner beim Kochen mit Natron- oder Kalilauge, mit Lösungen von Ein- oder Zweifach-Schwefelkalium oder -calcium, mit Lösungen gewisser Sulfosalze (z. B. der Verbindung Sb $S_3$, NaS, welche dadurch in Sb $S_5$, NaS übergeht) und endlich mit schwefligsauren Alkalien, welche dadurch in unterschwefligsaure Salze übergehen.

Man benutzt den Schwefel zur Schwefelsäurefabrikation, zur Bereitung des Schiesspulvers, der Zündrequisiten und Schwefelfäden, des Schwefeleinschlags (zum Schwefeln des Weines) und überhaupt zur Herstellung von schwefliger Säure, zur Fabrikation von Zinnober, Musivgold und anderen Schwefelmetallen, zum Kitten, zum Vulkanisiren des Kautschuks und der Guttapercha etc.

Die schweflige Säure.

Die schweflige Säure wird erhalten
a) durch Oxydation des Schwefels,
b) durch Reduction der Schwefelsäure,
c) durch Combination von a) und b).

Die Darstellung der schwefligen Säure durch Oxydation des Schwefels geschieht *α*) durch Verbrennen von Schwefel (Stangenschwefel oder Schwefelblumen) an der Luft; *β*) durch Rösten von Schwefel- oder Kupferkies; *γ*) durch Erhitzen von Braunstein mit Schwefelpulver.

Wo es die Localität gestattet, ist die Darstellung der schwefligen Säure durch Rösten von Schwefelkies oder Kupferkies (und anderen natürlichen Schwefelmetallen, wie Zinkblende etc.) zuweilen vortheilhaft, namentlich behufs der Fabrikation von Schwefelsäure. Wo die schweflige Säure als Conservationsmittel von Nahrungsstoffen und Rohmaterialien zur Fabrikation von Nahrungsmitteln dienen soll, wie z. B. beim Schwefeln des Hopfens, des Weins etc., darf diese Art der Darstellung von schwefliger Säure nicht Platz greifen, weil die so erzeugte schweflige Säure stets mit arseniger Säure gemengt ist. Durch Erhitzen von Metalloxyden mit Schwefel kann nur unter gewissen Bedingungen mit Nutzen schweflige Säure dargestellt werden. Man wendet an entweder Braunstein oder Kupferoxyd, ersterer giebt, je nach dem Gewichtsverhältniss der Materialien, entweder nur die Hälfte oder sämmtlichen angewendeten Schwefel in Gestalt von schwefliger Säure.

Die Darstellung der schwefligen Säure durch Reduction der Schwefelsäure findet häufig Anwendung, doch ist in vielen Fällen die schweflige Säure Nebenproduct. Man reducirt die Schwefelsäure durch Erhitzen derselben mit gewissen Metallen, wie Kupfer, Quecksilber oder Silber:

| | | |
|---|---|---|
| Schwefelsäure 2 $SO_3$, HO | geben | Schwefelsaures Kupferoxyd CuO, $SO_3$ |
| Kupfer Cu | | Schweflige Säure $SO_2$ |
| | | Wasser 2 HO |

Es bildet sich hierbei eine kleine Menge Schwefelkupfer.

In Fällen, in denen eine Verunreinigung der schwefligen Säure mit Kohlensäure und Kohlenoxydgas nicht nachtheilig ist, reducirt man die Schwefelsäure durch Kohlenstaub, Hobelspäne, Sagespäne etc.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Schwefelsäure 2 $SO_3$, HO | = 98 | geben | Schweflige Säure 2 $SO_2$ | = 64 |
| Kohle C | = 6 | | Kohlensäure $CO_2$ | = 22 |
| | | | Wasser 2 HO | = 18 |
| | 104 | | | 104 |

Da bei dieser Operation Schwefelsäure und Holz endlich vollständig in schweflige Säure, Kohlensäure und Wasser übergehen, so kann die Gasentwickelung ununterbrochen stattfinden, wenn man nur von Zeit zu Zeit bald neues Holz, bald neue Schwefelsäure zusetzt.

Die Reduction der Schwefelsäure durch Schwefel ist

als ein combinirtes Verfahren der Darstellung der schwefligen Säure durch Oxydation und durch Reduction zu betrachten:

Schwefelsäure 2 $SO_3$, HO } geben { Schweflige Säure 3 $SO_2$
Schwefel S } { Wasser 2 HO

Die Operation ist indessen sehr ungestüm und schwer zu regeln, da der Schwefel schon bei einer Temperatur schmilzt, die weit niedriger ist, als die, bei der die Reaction stattfindet. Mit der schwefligen Säure geht ferner häufig Schwefeldampf über, welcher sich in den Gasleitungsröhren absetzt und dieselben verstopft.

Die schweflige Säure ist bei gewöhnlicher Temperatur ein farbloses, stechend riechendes Gas. Sie löst sich in Wasser in beträchtlicher Menge. In Weingeist löst sie sich noch reichlicher als in Wasser. Bei Gegenwart von Wasser treten alle höheren Oxydationsstufen des Stickstoffs an die schweflige Säure Sauerstoff ab und verwandeln dieselbe zu Schwefelsäure, während sie selbst zu Stickoxyd reducirt werden. Chlor verwandelt die feuchte schweflige Säure gleichfalls in Schwefelsäure. Mit Schwefelwasserstoff zusammengebracht, findet Schwefelausscheidung statt. Die Hauptanwendung der schwefligen Säure in der Technik ist eine eben so wichtige als mannichfaltige, sie dient zur Schwefelsäurefabrikation, in der Papierfabrikation als Antichlor, zur Bereitung des in photographischer Beziehung wichtigen unterschwefligsauren Natrons, zum Conserviren (Schwefeln) des Weins, des Hopfens, der comprimirten Gemüse, des Fleisches, des Dextrinsyrups, des Zuckersaftes bei der Rüben- und Rohrzuckerfabrikation, zum Bleichen von thierischen Substanzen (Seide, Wolle, Badeschwämme, Federn, Leim, Darmsaiten, Hausenblase), welche durch Chlor nicht farblos, sondern gelb gefärbt werden, von Korb- und Strohgeflechten, von arabischem Gummi u. s. w.

Das Bleichen durch schweflige Säure lässt sich auf zwei wesentlich von einander verschiedene Ursachen zurückführen, nämlich in den meisten Fällen auf eine blosse Verhüllung, in einigen wenigen Fällen aber auf eine wirkliche Zerstörung des Farbstoffes. Die Pigmente der meisten blauen und rothen Blumen, Früchte u. s. w. gehen mit der schwefligen Säure farblose Verbindungen ein: die Farbe ist aber nicht zerstört. Eine durch schweflige Säure gebleichte Rose erhält durch Befeuchten mit verdünnter Schwefelsäure ihre ursprüngliche rothe Farbe wieder. Die Farbstoffe der gelben Blumen verhalten sich indifferent gegen schweflige Säure und werden durch dieselbe nicht gebleicht. Manche Farben, wie das Indigblau, das Carmin und der gelbe Farbstoff der Seide, werden anfänglich durch schweflige Säure nicht gebleicht, später aber findet eine Bleichung statt dadurch, dass unter dem Einflusse des Lichtes der mit ihr gemengte Sauerstoff eine Oxydation, d. h. eine Zerstörung der genannten Farben vermittelt.

Die sauerstoffentziehende Eigenschaft der schwefligen Säure hat man auch in neuerer Zeit als Feuerlöschmittel benutzt.

Unterschwefligsaures Natron.

Das unterschwefligsaure Natron, NaO, $S_2O_2$ + 5 Aq., ein in neuerer Zeit vielfältig angewendetes Salz, lässt sich auf verschiedene Weise darstellen. Nach Anthon mengt man 4 Theile calcinirtes Glaubersalz mit 1—$1^1/_4$ Theil Holzkohlenpulver, befeuchtet das Gemenge und setzt es, in einen Tiegel oder ein eisernes Gefäss ge-

packt, 6—10 Stunden der Rothglühhitze aus. Die Masse wird zerkleinert, mit Wasser befeuchtet und in dünnen Lagen der Einwirkung von schwefliger Säure ausgesetzt. Die wässerige filtrirte Lösung lässt man krystallisiren.

Es hat die in technischer Beziehung so wichtige Eigenschaft, mit Silberoxyd ein leicht lösliches Doppelsalz (unterschwefligsaures Silberoxyd-Natron) zu bilden und daher unlösliche Silberverbindungen, wie Jodsilber und Chlorsilber mit Leichtigkeit aufzulösen, daher seine Anwendung in der Daguerreotypie und Photographie und zur Silbergewinnung auf nassem Wege. Früher hat man zuweilen das unterschwefligsaure Natron als Antichlor in der Papierfabrikation vorgeschlagen. Da jedoch nur die bei der Zersetzung freiwerdende schweflige Säure wirkt, so wendet man allgemein das billigere schwefligsaure Natron an.

## Die Schwefelsäurefabrikation.

Schwefelsäure.

Man unterscheidet im Handel zwei Sorten Schwefelsäure:

*a*) die rauchende oder Nordhäuser Schwefelsäure (Vitriolöl), destillirt aus Eisenvitriol oder zweifach schwefelsaurem Natron oder durch Zersetzen von Glaubersalz mit Borsäure behufs der Fabrikation von Borax;

*b*) die englische oder gewöhnliche Schwefelsäure, entweder aus schwefliger Säure durch deren Oxydation mittelst Salpetersäure erzeugt, oder aus natürlichen Sulfaten, wie z. B. Gyps, abgeschieden.

Rauchende Schwefelsäure.

In der Rothglühhitze werden alle schwefelsauren Salze zersetzt, mit Ausnahme der schwefelsauren Verbindungen der Alkalien und alkalischen Erden. Es können deshalb alle schwefelsauren Salze, ausgenommen die genannten, zur Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure Anwendung finden. Seiner Billigkeit wegen giebt man dem Eisenvitriol zum Brennen des Vitriolöls den Vorzug. Dieses Salz zerfällt in der Rothglühhitze in Eisenoxyd, wasserfreie Schwefelsäure und schweflige Säure:

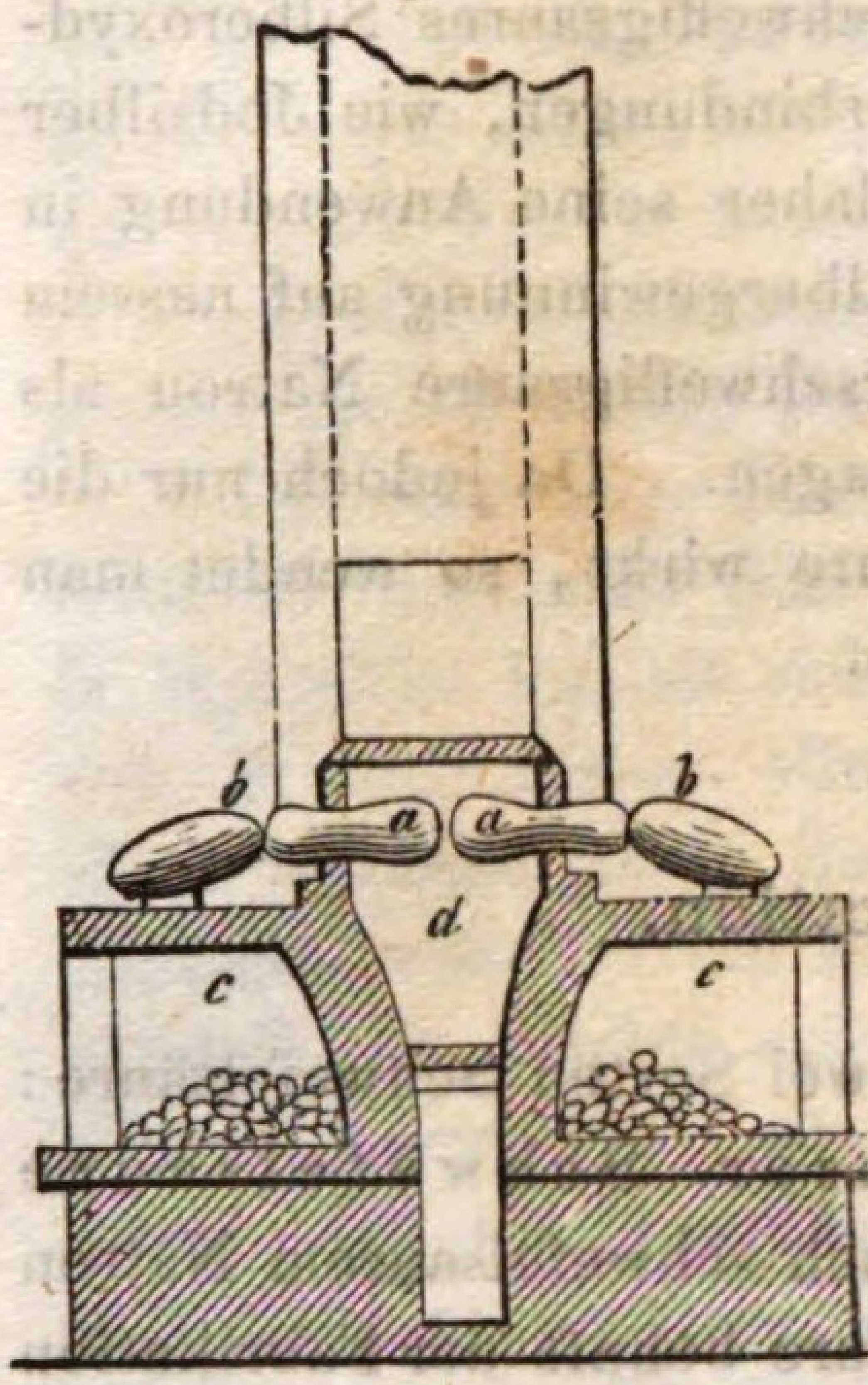
Eisenvitriol 2 FeO, $SO_3$ liefert { Eisenoxyd $Fe_2O_3$, Schwefelsäure $SO_3$, Schweflige Säure $SO_2$ }

Man würde deshalb durch das Brennen des Eisenvitriols wasserfreie Schwefelsäure erhalten, wenn es möglich wäre, denselben vollständig zu entwässern. Es bleibt beständig Wasser zurück und man erhält deshalb die sogenannte rauchende Schwefelsäure, ein veränderliches Gemenge von wasserfreier Schwefelsäure, dem ersten Hydrate ($2\ SO_3 + HO$) und dem zweiten ($SO_3 + HO$).

Die Darstellung der rauchenden Schwefelsäure geschieht auf folgende Weise: Die Eisenvitriollösung oder Vitriolmutterlauge wird bis zur Trockne abgedampft und in Kesseln möglichst entwässert. Die trockene Salzmasse (Vitriolstein) wird in dem Brennofen (Fig. 10) weiter be-

handelt. Dieser Ofen ist ein Galeerenofen, in welchem die Feuerung *d* zwei Reihen von feuerfesten irdenen Kolben *a*, deren Hälse so eingemauert sind, dass die Mündungen der Vorlagen *b*, *b* bequem in dieselben eingeführt und verkittet werden können, erhitzt. *c*, *c* sind Entwässerungsräume für den Vitriol. Wenn die Kolben beschickt worden sind, fängt man an zu erhitzen; die zuerst übergehende schweflige Säure enthaltende wasserhaltige Schwefelsäure wird gewöhnlich nicht aufgefangen. Beginnen aber weisse Nebel von wasserfreier Schwefelsäure sich zu zeigen, so legt man die Vorlagen, welche ungefähr 2 Loth Wasser enthalten, vor und beginnt die Destillation, nachdem die Fugen mit Kitte lutirt worden sind. Nach 36—48 Stunden ist die Destillation beendigt. Die Kolben werden von Neuem gefüllt und bei beginnender Destillation dieselben Vorlagen mit der schon übergegangenen Säure abermals vorgelegt. Nach viermaligem Abtreiben hat das Vitriolöl die erforderliche Concentration. Der in den Retorten bleibende Rückstand ist rothes, noch etwas Schwefelsäure enthaltendes Eisenoxyd (Colcothar). Die Ausbeute an rauchender Schwefelsäure beträgt zwischen 45—50 pCt. vom Gewicht des entwässerten Eisenvitriols.

Fig. 10.




Man destillirt weit zweckmässiger schwefelsaures Eisenoxyd, aus Colcothar und englischer Schwefelsäure bereitet, wobei man das in dem Kolben zurückbleibende Eisenoxyd immer wieder benutzen kann. Häufig bringt man auch in die Vorlage englische Schwefelsäure und leitet in diese wasserfreie Schwefelsäure, die man durch Brennen von vollkommen entwässertem Eisenvitriol oder besser durch Erhitzen von schwefelsaurem Eisenoxyd erhält. Das bei der Bereitung der Salpetersäure aus Chilisalpeter als Rückstand bleibende zweifach schwefelsaure Natron ($NaO, SO_3 + HO, SO_3$) wird gegenwärtig in Frankreich ebenfalls zur Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure benutzt. Bei der Destillation bleibt Glaubersalz und ein Theil des Wassers zurück, während ein Gemenge von wasserfreier Schwefelsäure mit Schwefelsäurehydrat übergeht. Man hat auch in Frankreich angefangen, mit der Fabrikation von Borax die von rauchender Schwefelsäure zu verbinden. Zu diesem Zwecke destillirt man ein Gemenge von calcinirtem Glaubersalz und Borsäure und leitet die sich entwickelnden Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure in englische Schwefelsäure.

Die rauchende Schwefelsäure ist ölartig, von bräunlich-gelber bis dunkelbrauner Farbe und stechendem Geruche nach schwefliger Säure. An der Luft raucht sie; beim Erhitzen giebt sie Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure. Ihr specifisches Gewicht = 1,86 — 1,92. Man benutzt sie fast nur noch zum Auflösen des Indigs. 4 Theile rauchender Schwefelsäure lösen 1 Theil Indig, während von der englischen 8 Theile dazu erforderlich sind.

Englische Schwefelsäure. Die englische oder gewöhnliche Schwefelsäure besteht in ihrer höchsten Concentration aus $SO_3$, HO.

Nach dem gegenwärtig üblichen Verfahren der Schwefelsäurefabrikation, nach welchem man schweflige Säure in Kammern leitet, in denen sich Salpetersäure in geeigneten Gefässen befindet, ist wol kaum zu bezweifeln, dass folgende Processe stattfinden:

I. Durch die schweflige Säure wird die Salpetersäure in Untersalpetersäure zersetzt, die schweflige Säure geht dabei in Schwefelsäure über:

| | | |
|---|---|---|
| Schweflige Säure $SO_2$<br>Salpetersäure $NO_5$, HO | geben | Untersalpetersäure $NO_4$<br>Schwefelsäure $NO_5$, HO. |

II. Das vorhandene Wasser zerlegt die Untersalpetersäure in Salpetersäure und salpetrige Säure:

| | | |
|---|---|---|
| Untersalpetersäure 2 $NO_4$<br>Wasser HO | geben | Salpetersäure $NO_5$, HO<br>Salpetrige Säure $NO_3$. |

III. Durch die weitere Einwirkung des Wassers wird die salpetrige Säure in Salpetersäure und Stickstoffgas zerlegt:

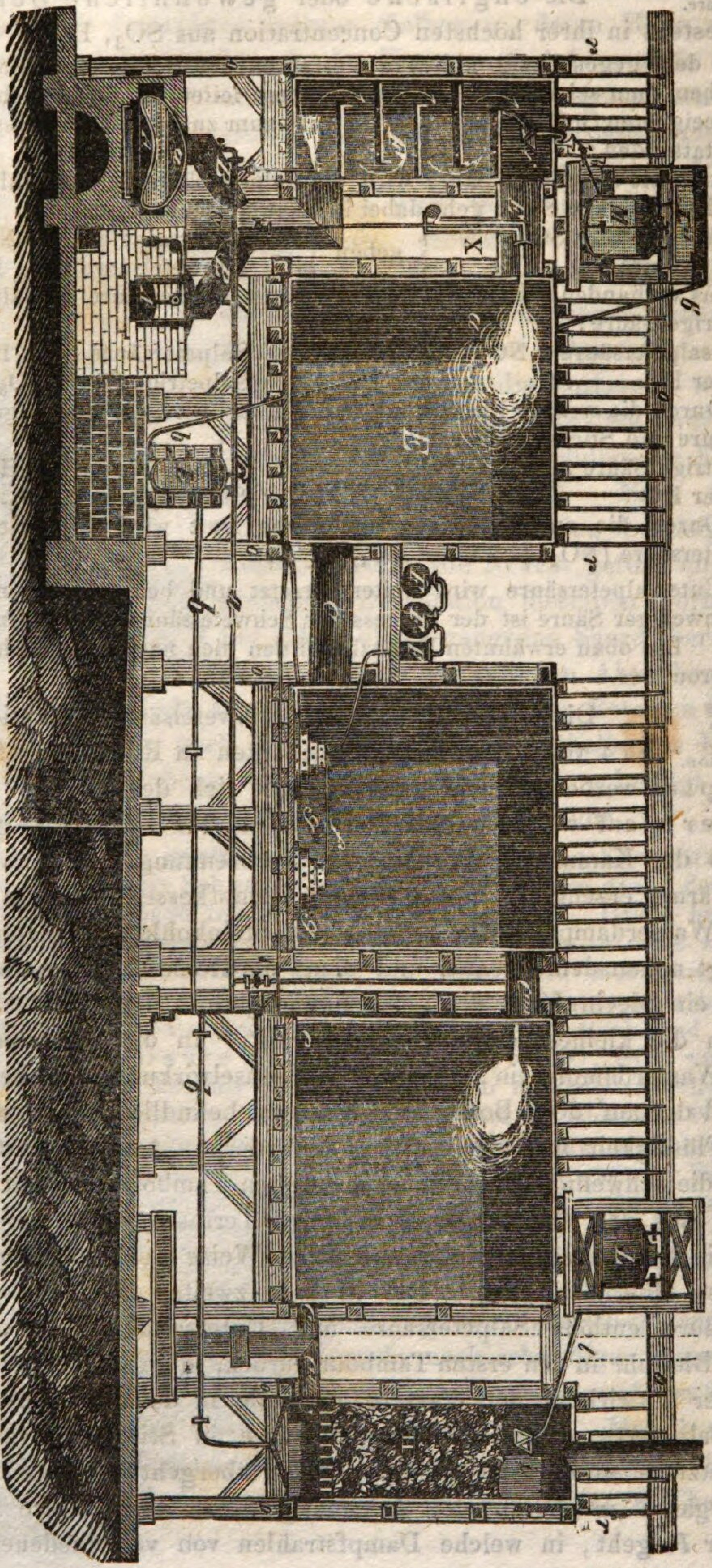
| | | |
|---|---|---|
| Salpetrige Säure 3 $NO_3$<br>Wasser HO | geben | Salpetersäure $NO_5$ HO<br>Stickoxydgas 2 $NO_2$. |

IV. Durch die anwesende atmosphärische Luft wird das Stickoxyd zu Untersalpetersäure ($NO_2 + 2\ O = NO_4$) oxydirt.

Die Untersalpetersäure wird weiter zersetzt und bei fortwährend zuströmender schwefliger Säure ist der Process der Schwefelsäurebildung ein ununterbrochener. Die oben erwähnten Krystalle bilden sich nur bei fehlerhafter Leitung des Processes.

Das neuere Verfahren der Schwefelsäurefabrikation. Die neuere Methode der Schwefelsäurefabrikation wurde 1774 von einem Kattunfabrikanten in Rouen eingeführt und von Chaptal verbessert. Hierbei befindet sich der Ofen *A* (Fig. 11) (Brenner), auf welchem das Verbrennen des Schwefels geschieht, ausserhalb der Kammer. Die bei der Verbrennung des Schwefels gebildete Wärme erzeugt in einem kleinen Dampfkessel den zum Betriebe nöthigen Wasserdampf. Ein zweiter mit Steinkohlen geheizter Dampfkessel liegt neben dem Brenner und dient als Reserve. Von dem Brenner führt ein Blechrohr *B* die Verbrennungsgase in den Kanal *C*, *D* und von da in die kleinere erste Bleikammer *E'*. In diese Kammer treten zugleich Wasserdämpfe ein, welche die Wechselwirkung zwischen diesen Gasen und der auf dem Boden der Kammer befindlichen, salpetersäurehaltigen Flüssigkeit und den Luftzug befördern. Aus der ersten Kammer geht die schweflige Säure in den zweiten Tambour, in welchem Salpetersäure aus den Flaschen *F*, *F* auf eine Terrasse von Steinzeug *f*, *g* fällt. Die Salpetersäure bietet auf diese Weise der schwefligen Säure eine grosse Oberfläche dar. Die in dem zweiten Tambour gebildete Schwefelsäure enthält Salpetersäure und Untersalpetersäure und geht durch ein Bleirohr in den ersten Tambour zurück, in welchem die schweflige Säure unter Mitwirkung der Wasserdämpfe die in der Schwefelsäure enthaltene Salpetersäure und Untersalpetersäure in Stickoxyd verwandelt, welches letztere sofort in Untersalpetersäure übergeht und mit den Verbrennungsgasen in die in der Zeichnung nicht angedeutete grosse Kammer *F* geht, in welche Dampfstrahlen von verschiedenen Seiten

Fig. 11.



treten, die Gase mischen und das nöthige Wasser zuführen. Aus dem Gefässe *L* läuft concentrirte Schwefelsäure in einem dünnen Strahle in eine der Abtheilungen des Schaukelapparates *i* in dem mit Koks gefüllten Apparate *H*. Die auf diese Weise benetzten Koks absorbiren die Untersalpetersäure und das Stickoxyd der aus dem letzten Tambour einströmenden Gase, welche sodann ins Freie gelangen. Die Schwefelsäure fliesst aus dem Apparate *H* durch das Rohr *b* nach dem Bleikessel *L* und wird durch den Druck des gleichzeitig einströmenden Dampfes, ähnlich wie bei einem Monte-jus, nach dem Gefäss *L''* gehoben; von da gelangt sie nach *M* und fällt von da in die Bleikammer herab. Die grosse Kammer ist am grössten und liegt man tiefsten, so dass alle andern Kammern die in ihnen entstandene Schwefelsäure durch angebrachte Röhren dorthin entleeren können. Die Kammern haben keinen Boden, sondern stehen in flachen, aus starken Brettern verfertigten und mit Blei ausgefütterten Gefässen von geringer Tiefe. Der Boden dieser Gefässe ist mit einer dünnen Schicht von concentrirter Schwefelsäure bedeckt, damit die einströmende salpetersäurehaltige Schwefelsäure die Bleiplatten nicht zerstört.

Die Säure, welche sich nun aus den verschiedenen Tambours des Apparates in den Bleikammern angesammelt hat (Kammersäure), wird von hier abgezogen, sobald sie ein specifisches Gewicht von 1,5 oder 50⁰ B. erreicht hat.

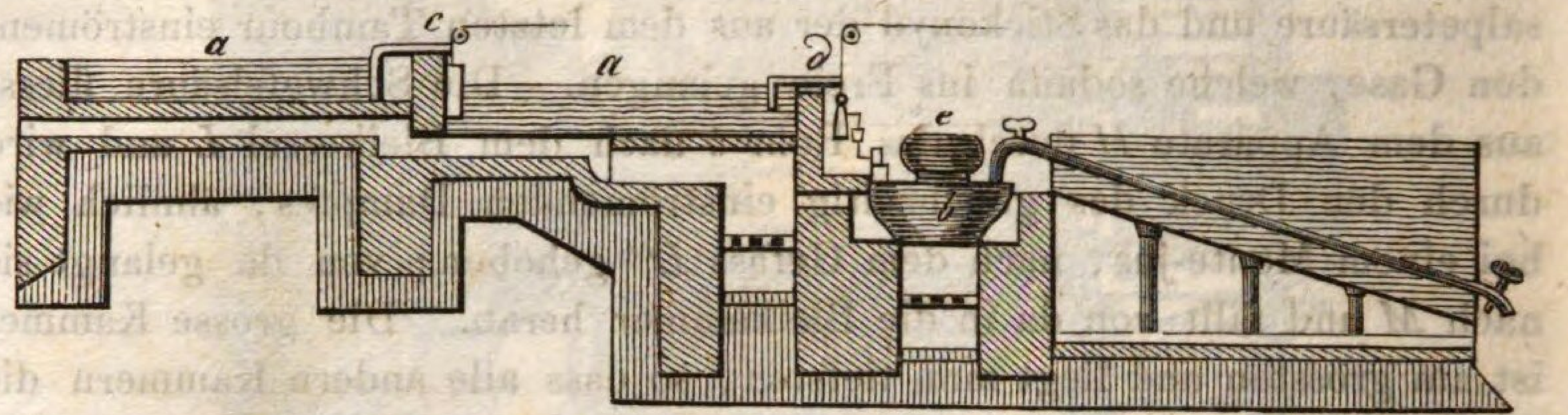
Diese Säure wird entweder, wie z. B. bei der Sodafabrikation, der Darstellung von Stearinsäure, Salpetersäure, Eisenvitriol etc., sofort verwendet oder, wenn sie versendet werden soll, durch Abdampfen zur höchsten Concentration gebracht.

Concentration der Kammersäure. Die Concentration der Kammersäure zerfällt in zwei verschiedene Arbeiten. Die erste kann in Bleigefässen ausgeführt werden, die zweite dagegen erfordert die Anwendung von Platin- oder Glasgefässen. In Bleipfannen kann die Schwefelsäure nur bis zu einer gewissen Concentration gebracht werden, weil sonst das Blei angegriffen und sogar schmelzen würde. Schwache Schwefelsäure greift das Blei nur wenig an, concentrirte und siedende Säure dagegen bildet unter Entwickelung von schwefliger Säure schwefelsaures Bleioxyd. Manche Fabrikanten concentriren ihre Säure bis zu $60^0$ B. in den Bleipfannen, andere nur bis zu $55^0$, noch andere nur bis zu $52^0$ B.

Die zur Concentration angewendeten Bleipfannen sind viereckig, weit und ziemlich flach und ruhen auf Eisenplatten, so dass sie nicht unmittelbar von dem Feuer getroffen werden. Ihre Aufstellung ist terrassenförmig (Fig. 12), so dass die erste, unter deren Vordertheil der Rost liegt, am niedrigsten steht, und die beiden übrigen durch die erwärmte Luft, die unter denselben fortströmt, erwärmt werden. Die Schwefelsäure wird daher in der ersten Pfanne am stärksten, in der letzten Pfanne am schwächsten erhitzt. Die Säure darf in den Bleipfannen höchstens 8 — 12 Zoll hoch stehen.

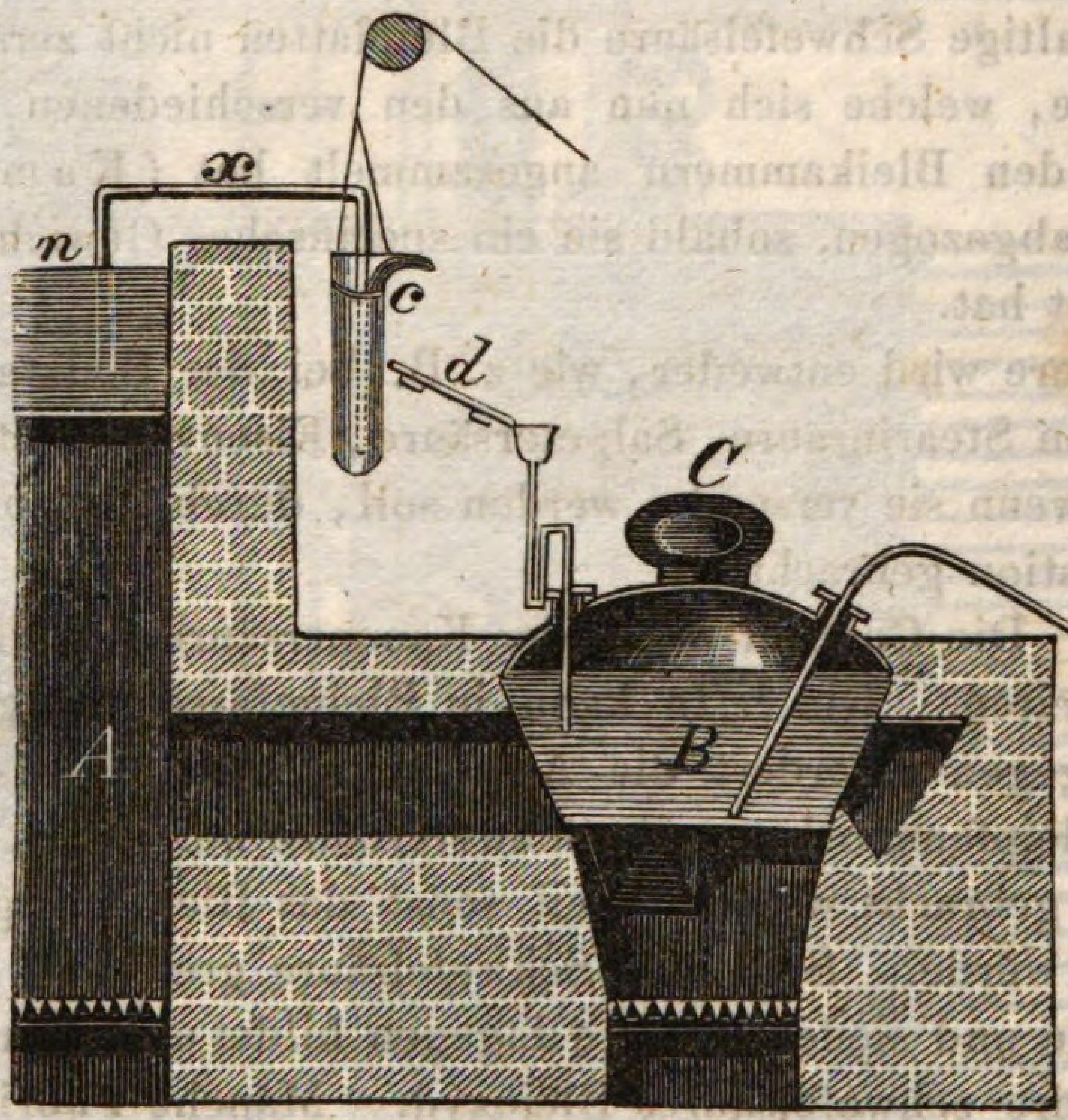
Nachdem die Säure in den Bleipfannen bis zur erforderlichen Concentration gelangt ist, bringt man sie zur weiteren Concentration in Glas-, Steingut- oder Platingefässe.

Fig. 12.




Der jetzt fast allgemein übliche **Platinkessel** (Fig. 13) befindet sich neben den Bleipfannen; die Einrichtung ist so getroffen, dass die

Fig. 13.




Feuerung des Kessels mit dem Feuerraum *A* communicirt. Er wird von der Pfanne, in der das Niveau fast unveränderlich bei *n* ist, durch den Bleiheber *x* gespeist. dessen längerer Schenkel in ein Gefäss taucht, das mit Hülfe einer fixen Rolle bis über das Niveau *n* gehoben und auch wieder bis zur Rinne *d* niedergelassen werden kann. Sobald das erstere der Fall ist, steht die Schwefelsäure in der Pfanne und dem Gefässe in gleichem Niveau und der Heber ist geschlossen; wirkt aber der Heber gesenkt, so beginnt der Heber an zu spielen und die Säure fliesst durch den Ausguss *c* und den Trichter *d* in den Kessel *B*. Der auf demselben befindliche Helm *C* mündet in das Schlangenrohr eines Kühlapparates,

in welchem die überdestillirte verdünnte Säure verdichtet wird. Die condensirte Flüssigkeit besteht zuerst aus Wasser mit sehr wenig Säure. Sobald aber die Temperatur der siedenden Säure bis auf 310—320° gestiegen ist, verdichtet sich in dem Kühlapparat die concentrirteste Säure.

Um die bis zu 1,78 bis 1,80 specifischem Gewicht concentrirte Säure aus dem Kessel zu entfernen, bedient man sich des Breant'schen Hebers (Fig. 14); derselbe ist von Platin. Sein ausserhalb des Kessels befindlicher Schenkel ist ungefähr 15 Fuss lang und mit einer 5 Zoll weiten kupfernen Röhre von 12 Fuss Länge versehen, welche bei *a* mit kaltem Wasser gefüllt wird, während das erwärmte Wasser bei *b* abfliesst. Zur Vermehrung der Oberfläche des Hebers theilt sich das Hauptrohr in vier enge Röhren. Man füllt den Heber, indem man den Hahn bei *c* schliesst, dann bei dem Kugelventile *b* und dem bei *e* Schwefelsäure eingiesst; darauf giesst man zum luftdichten Verschluss in die Kugelventile etwas Schwefelsäure und öffnet den Hahn bei *c*, worauf die Schwefelsäure abfliesst. Müsste man mit dem Abziehen der Säure warten, bis dieselbe sich in dem Kessel abgekühlt hätte, so würde man Zeit verlieren und der Kessel nicht in einem seinem hohen Preise entsprechenden Verhältnisse benutzt werden können. Die Säure tritt siedend heiss in den kürzeren Schenkel des Hebers, kühlt sich aber, während sie durch den längeren Schenkel fliesst, ab und gelangt ziemlich erkaltet in die zur Versendung dienenden Krüge oder Ballons.

Fig. 14.




Das technisch-chemische Aequivalent der gewöhnlichen englischen Schwefelsäure, das man bei technischen Operationen benutzt, ist 53,5.

Dort, wo der Schwefelkies in grosser Menge sich findet und etwa viermal wohlfeiler ist als der Schwefel oder wo kiesige Erze zum Zweck der Metallausbringung geröstet werden müssen, ist es zuweilen sehr vortheilhaft, sich der hierbei erzeugten schwefligen Säure zur Schwefelsäurefabrikation zu bedienen. Zu Ocker bei Goslar am Harz verwendet man die schwefelkiesreichen Kupfererze des Rammelsberges, zu Davidsthal bei Falkenau in Böhmen den Schwefelkies. Die Oefen, in denen die Verbrennung der Kiese vor sich geht, müssen so beschaffen sein, dass eine Röstung stattfinden kann. Es ist auch vorgeschlagen worden, Wasserdämpfe über die erhitzten Kiese zu leiten, wobei Schwefelwasserstoffgas sich bildet, welches zu schwefliger Säure und Wasser verbrannt wird.

Andere Methoden der Schwefelsäurefabrikation.

Von den vielen in neuerer Zeit aufgetauchten Principien der Darstellung der Schwefelsäure auf anderen, als dem gewöhnlichen Wege seien einige der wichtigeren erwähnt.

Hahner oxydirt die schweflige Säure bei Gegenwart von Wasserdämpfen durch Chlor:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schweflige Säure } SO_2\\ \text{Wasserdämpfe } 2\,HO\\ \text{Chlor } Cl\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{l}\text{Schwefelsäure } SO_3,\ HO\\ \text{Salzsäure } Cl\,H\end{array}\right.$$

Das Chlor wird aus der bei der Sodafabrikation entstehenden Salzsäure erzeugt. Soll die Schwefelsäure wieder zur Zersetzung von Kochsalz dienen, so braucht sie begreiflicher Weise nicht von der Salzsäure befreit zu werden.

Dem von Persoz neuerdings beschriebenen Verfahren der Schwefelsäuredarstellung liegen folgende zwei Reactionen zu Grunde: 1) Oxydation der schwefligen Säure durch Salpetersäure, indem man die schweflige Säure entweder in bis auf 100° erhitzte Salpetersäure leitet, welche vorher mit dem vier- bis sechsfachen Volumen Wasser verdünnt wurde, oder in eine Mischung von einem salpetersauren Salze mit Salzsäure, wodurch sich nun Chloruntersalpetersäure $N Cl_2 O_2$ bildet; 2) die Dämpfe der Untersalpetersäure werden wieder mittelst des Sauerstoffs der Luft unter Mitwirkung von Wasserdämpfen zu Salpetersäure oxydirt, welche man darauf wieder zur Oxydation von schwefliger Säure verwendet. Das Verfahren von Persoz soll folgende Vortheile bieten: 1) es macht die Bleikammern überflüssig; 2) es lässt sich schweflige Säure beliebigen Ursprungs anwenden, wenn sie auch mit Stickstoff, Kohlensäure und anderen Gasen gemengt ist. Die schweflige Säure lässt sich daher nicht nur durch Verbrennung von Schwefel und Rösten von Schwefelmetallen, sondern auch auf die Weise erzeugen, dass man Eisen-, Kupfer- und Zinkvitriol bei erhöhter Temperatur der Einwirkung von Wasserstoff, Kohlenoxyd, Kohle oder organischen Substanzen aussetzt, wobei schweflige Säure sich entwickelt und ein Metall oder ein Oxyd zurückbleibt, so dass sich mit der Schwefelsäurefabrikation auch die Gewinnung gewisser Metalle verknüpfen lässt; 3) es wird immer wieder die nämliche Salpetersäure benutzt.

Um die Schwefelsäure aus dem Gyps und ähnlichen schwefelsauren Salzen darzustellen, sind schon unzählige Vorschläge gemacht worden, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, nur eines der verschiedenen vorgeschlagenen Verfahren in die Praxis einzuführen. Im Folgenden seien einige dieser Vorschläge näher angeführt: Tilghmann bringt Gypsstücke in einem vertikal stehenden, inwendig mit Magnesit überzogenen Thoncylinder zur starken Rothglühhitze, leitet durch den Boden und die damit verbundenen glühenden Thonröhren Wasserdämpfe und durch den Deckel die gasförmigen Zersetzungsproducte — nämlich Sauerstoff, Schwefelsäure und schweflige Säure — nach den Bleikammern. In der Retorte soll Aetzkalk zurückbleiben; in gleicher Weise wird Bittersalz behandelt.

Shanks bringt in einen steinernen Behälter gepulverten Gyps und Chlorblei und eine grössere Menge bis auf 50—60° erhitztes Wasser. Die Mischung muss tüchtig umgerührt werden. Beide Salze zersetzen sich sehr schnell:

$$\left.\begin{array}{r}\text{Gyps } CaO,\ SO_3\\ +\ 2\ HO\\ \text{Chlorblei } Pb\ Cl\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{l}\text{Chlorcalcium } Ca\ Cl\\ \text{Schwefels. Bleioxyd } PbO,\ SO_3\\ \text{Wasser } 2\ HO\end{array}\right.$$

Das Chlorcalcium bleibt aufgelöst, während das schwefelsaure Bleioxyd einen Niederschlag bildet, welchen man, nachdem das Chlorcalcium getrennt wurde, mit Salzsäure und zwar, um eine vollständige Zersetzung zu bewirken, mit mehr als einem Aequivalente behandeln muss:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schwefelsaures Bleioxyd } PbO,\ SO_3\\ \text{Salzsäure } ClH\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{l}\text{Chlorblei } Pb\ Cl\\ \text{Schwefelsäure } SO_3,\ HO\end{array}\right.$$

Die Mischung wird umgerührt und bis auf etwa 60° erhitzt, wobei Chlorblei sich am Boden ansammelt und die Schwefelsäure in die Lösung übergeht. Die Schwefelsäure wird auf die gewöhnliche Weise concentrirt. Das Chlorblei dient wieder zur Zersetzung von schwefelsaurem Kalk. Ein ähnliches Verfahren ist von Seckendorff beschrieben worden.

Eigenschaften und Anwendung der Schwefelsäure.

Die höchst concentrirte englische Schwefelsäure $SO_3$, HO enthält 18,46 pCt. Wasser und hat ein specifisches Gewicht von 1,845 und ist eine im reinen Zustande vollkommen farblose Flüssigkeit, welche aber gewöhnlich durch zufällig hineingerathene Staubtheilchen gelblich oder bräunlich gefärbt ist. Ihre Consistenz ist eine

dickflüssige und ölartige. Sie zerstört viele organische Stoffe unter Abscheidung von Kohle, raucht nicht an der Luft und ist in so hohem Grade hygroskopisch, dass sie nach und nach das Fünfzehnfache ihres Volumens Wasser anzuziehen vermag. Mit Wasser gemischt entbindet sie grosse Mengen von Wärme.

Die Schwefelsäure besitzt unter allen flüchtigen Säuren die grösste Verwandtschaft zu den Basen und treibt beim Erhitzen alle übrigen flüchtigen Säuren aus ihren Salzen aus; dagegen wird die Schwefelsäure aus ihren Salzen in der Glühhitze ausgetrieben durch Kieselsäure, Borsäure und Phosphorsäure. Der Siedepunkt der höchst concentrirten Säure liegt bei 326°.

Tabelle über den Gehalt der englischen Schwefelsäure an wasserfreier Schwefelsäure bei verschiedenem specifischen Gewicht und 15,5° Temperatur:

| Schwefelsäurehydrat. | Specifisches Gewicht. | Wasserfreie Säure. | Schwefelsäurehydrat. | Specifisches Gewicht. | Wasserfreie Säure. |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 1,8485 | 81,54 | 76 | 1,6630 | 61,97 |
| 99 | 1,8475 | 80,72 | 75 | 1,6520 | 61,15 |
| 98 | 1,8460 | 79,90 | 74 | 1,6415 | 60,34 |
| 97 | 1,8439 | 79,09 | 73 | 1,6321 | 59,55 |
| 96 | 1,8410 | 78,28 | 72 | 1,6204 | 58,71 |
| 95 | 1,8376 | 77,40 | 71 | 1,6090 | 57,89 |
| 94 | 1,8336 | 76,65 | 70 | 1,5975 | 57,08 |
| 93 | 1,8290 | 75,83 | 69 | 1,5868 | 56,26 |
| 92 | 1,8233 | 75,02 | 68 | 1,5760 | 55,45 |
| 91 | 1,8179 | 74,20 | 67 | 1,5648 | 54,63 |
| 90 | 1,8115 | 73,39 | 66 | 1,5503 | 53,82 |
| 89 | 1,8043 | 72,57 | 65 | 1,5390 | 53,00 |
| 88 | 1,7962 | 71,75 | 64 | 1,5280 | 52,18 |
| 87 | 1,7870 | 70,94 | 63 | 1,5170 | 51,37 |
| 86 | 1,7774 | 70,12 | 62 | 1,5066 | 50,55 |
| 85 | 1,7673 | 69,31 | 61 | 1,4960 | 49,74 |
| 84 | 1,7570 | 68,49 | 60 | 1,4860 | 48,92 |
| 83 | 1,7465 | 67,68 | 59 | 1,4060 | 48,11 |
| 82 | 1,7360 | 66,86 | 58 | 1,4660 | 47,29 |
| 81 | 1,7245 | 66,05 | 57 | 1,4560 | 46,58 |
| 80 | 1,7120 | 65,23 | 56 | 1,4460 | 45,68 |
| 79 | 1,6993 | 64,42 | 55 | 1,4360 | 44,85 |
| 78 | 1,6870 | 63,60 | 54 | 1,4265 | 44,03 |
| 77 | 1,6750 | 62,78 | 53 | 1,4170 | 43,22 |

Die Schwefelsäure findet eine ausserordentlich ausgedehnte und manchfache Anwendung, davon sei angeführt: zur Darstellung vieler Säuren (Salpetersäure, Salzsäure, schweflige Säure, Kohlensäure, Weinsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure, Phosphorsäure), zur Bereitung des Chlors, der Stearinkerzen (zum Zersetzen der Kalkseife), des Phosphors (zum Zersetzen der Knochenerde), zur Fabrikation von Glaubersalz behufs

der Sodadarstellung, schwefelsaurem Ammoniak, Alaun und Vitriol (Eisen- und Kupfervitriol), zur Darstellung von Wasserstoffgas, zum Reinigen des Bleches vor dem Verzinnen, zur Scheidung des Goldes vom Silber, zum Raffiniren des Rüböls, zum Verseifen der Fette und Oele, zum Auflösen des Indigs, zur Darstellung des Garancins und anderer Krapppräparate, zur Fabrikation des Stärkezuckers, der Wichse, als desinficirendes Mittel u. s. w.

Schwefelkohlenstoff. Der Schwefelkohlenstoff (Schwefelalkohol, Kohlensulfid $CS_2$) wird gewonnen, wenn man dampfförmigen Schwefel mit glühenden Kohlen zusammenbringt, oder gewisse Schwefelmetalle, wie Schwefelkies, Schwefelantimon etc., mit Kohle destillirt.

Im reinen Zustande ist der Schwefelkohlenstoff eine wasserhelle, dünnflüssige und leicht bewegliche, das Licht sehr stark zerstreuende und daher lebhafte Farben spielende Flüssigkeit von eigenthümlichem unangenehmen Geruche und aromatischem Geschmacke. Specifisches Gewicht = 1,294. Der Siedepunkt liegt bei 48° und verflüchtigt sich deshalb bei gewöhnlicher Temperatur schon stark. Bei 95° wird er noch nicht fest. Mit Wasser verbindet er sich nicht, mit Weingeist, Aether und ähnlichen Flüssigkeiten ist er in allen Verhältnissen mischbar. Harze, Oele, Kautschuk, Guttapercha, Kampher, Schwefel, Phosphor und Jod löst er in sehr grosser Menge. Er ist äusserst leicht entzündlich und verbrennt mit röthlich-blauer Flamme zu schwefliger Säure und Wasser. Ein Gemenge seines Dampfes mit Sauerstoff oder mit atmosphärischer Luft giebt eine heftig explodirende Verbindung.

Bis auf die neuere Zeit stand der technischen Anwendung des Schwefelkohlenstoffs der hohe Preis desselben im Wege. Dass er in der Technik wichtige Benutzung finden werde, ist schon von dem Entdecker Lampadius vorhergesehen worden, der ihn unter Anderem zur Bereitung von Firnissen (Bernstein- und Mastixfirniss), von Kitten und zur Bearbeitung von Kautschuk vorschlug. Gegenwärtig wird der Schwefelkohlenstoff in der Fabrik von E. Deiss in Pantin in drei Retorten in der Quantität von 500 Kilogr. in 24 Stunden dargestellt und zwar so, dass dem Fabrikanten das Kilogramm Schwefelkohlenstoff nur auf 50 Centimes zu stehen kommt. Deiss ist der Ansicht, dass diese Flüssigkeit, in noch grösserem Massstabe dargestellt, bald zum Preise von 40 Fr. für 100 Kilogr. in den Handel wird gebracht werden können.

Bis jetzt war die einzige technische Anwendung des Schwefelkohlenstoffs in grösserem Massstabe die zum Vulkanisiren von Kautschuk. In neuerer Zeit hat man vorgeschlagen, 1) denselben zum Ausziehen des Fettes aus den Knochen, die zur Darstellung der Knochenkohle bestimmt sind, zu benutzen. Man könnte auf diese Weise 10—12 pCt. Fett gewinnen. 2) Zum Extrahiren der Oele aus den ölhaltigen Samen (Raps, Rübsen, Leinsamen, Mohnsamen). 3) Zum Entfetten der Wolle; das aus der Wolle ausgezogene Fett lässt sich zur Seifenbereitung benutzen.

Das Schwefelchlorür. Das Schwefelchlorür (Chlorschwefel, $Cl\,S_2$) ist eine Verbindung, welche man in neuerer Zeit zum Vulkanisiren des Kautschuks angewendet hat. Es bildet eine ölartige Flüssigkeit von 1,68 specifischem Gewichte, bräunlicher Farbe, erstickendem Geruche, raucht an der Luft und siedet bei 138°. Sie ist schwerer als Wasser und zersetzt sich, damit zusammenge-

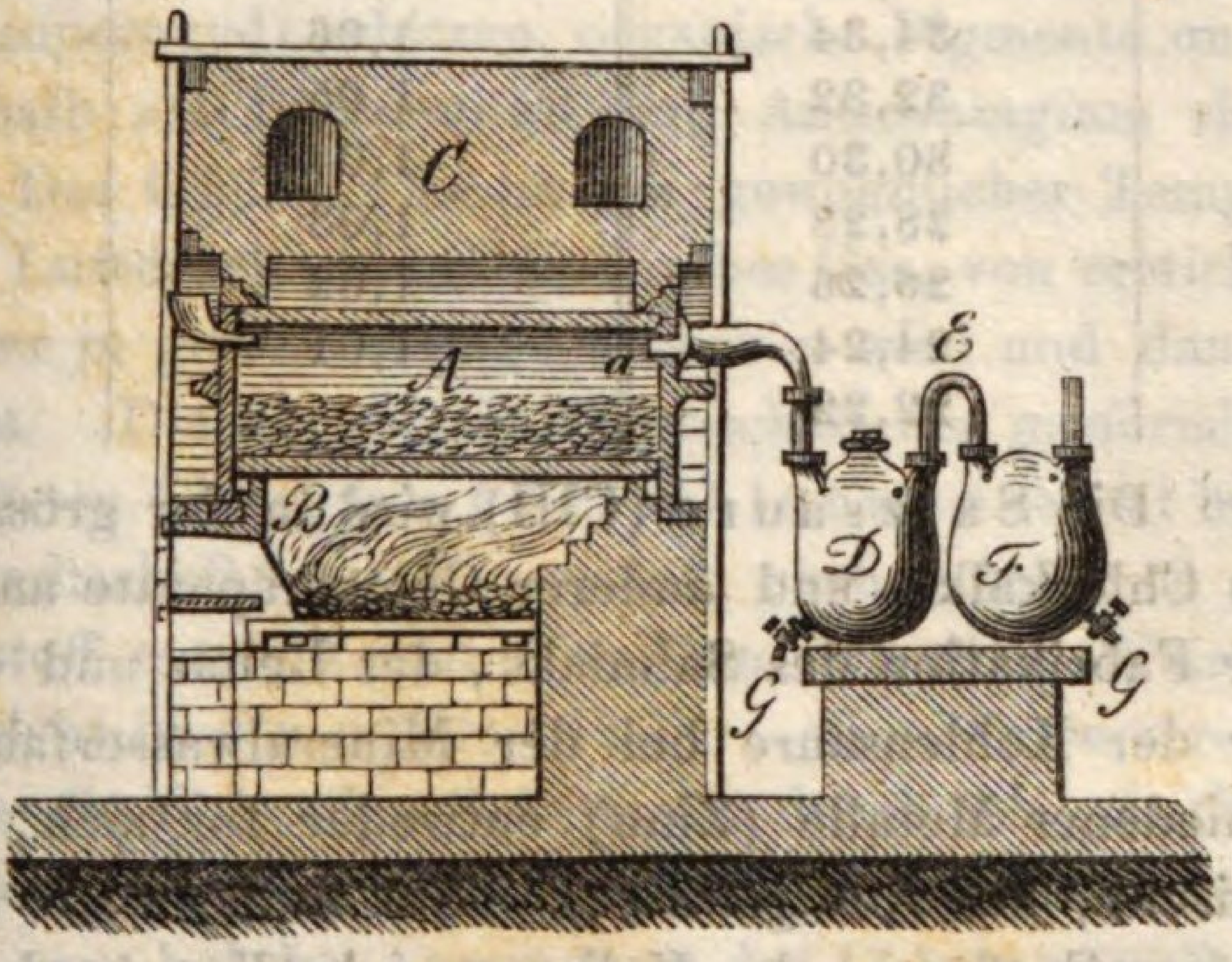
bracht, sehr bald in schweflige Säure, Salzsäure, etwas Schwefelsäure und Schwefel. Das Schwefelchlorür ist ein gutes Lösungsmittel für Schwefel.

Man erhält das Schwefelchlorür, indem man gewaschenes und getrocknetes Chlorgas durch geschmolzenen und bis auf 125 bis 130° erhitzten Schwefel leitet. Es entsteht sofort Schwefelchlorür, welches mit fortgerissenen Schwefeldämpfen in eine abgekühlte Vorlage destillirt. Um das so erhaltene Schwefelchlorür von dem mechanisch beigemengten Schwefel zu befreien, wird es destillirt, wobei Schwefel zurückbleibt.

## Die Salzsäure.

Salzsäure. Wie schon oben bei der Bereitung der künstlichen Soda aus Kochsalz angegeben worden ist, wird häufig die bei der Sodafabrikation entweichende Salzsäure aufgefangen. Zu diesem Zwecke führt entweder ein Rohr aus dem Ofen, in welchem die Zersetzung des Kochsalzes durch die Schwefelsäure vorgenommen wurde, in einen Behälter unter Wasser, oder man bedient sich des abgebildeten (Fig. 15) Apparates.

Fig. 15.




Dieser Apparat besteht aus mehreren neben einander liegenden, gusseisernen, cylindrischen Gefässen *A*, über welchen sich die Wölbung *C* befindet, damit die brennenden Gase den Cylinder von allen Seiten umspielen. Die Cylinder sind durch die Oeffnung *a* vermittelst eines Kamins mit der ersten Vorlage *D* verbunden, in welcher sich die mit übergerissene Schwefelsäure und mineralische Bestandtheile condensiren und absetzen; aus dieser Vorlage führt das Rohr *E* die Dämpfe in die Vorlage *F*, die zur Hälfte mit Wasser angefüllt ist, so dass wie im Woulffischen Apparat, das Rohr *E* weit unter die Oberfläche des Wassers führt. Die Cylinder füllt man mit 320 Pfund Kochsalz und übergiesst dasselbe mit 256 Pfund concentrirter Schwefelsäure. Durch gelindes Feuer unterstützt man die Zersetzung. Nach vollendetem Process wird das entstandene schwefelsaure Natron (Glaubersalz), das beiläufig 360 Pfund wiegt, aus dem Cylinder durch Krücken entfernt.

Eigenschaften der Salzsäure.

Die Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure ist ein Gas, dessen Auflösung in Wasser die käufliche Salzsäure bildet. Letztere bildet im reinen Zustande eine farblose, häufig durch Eisenchlorid gelblich gefärbte Flüssigkeit von stechendem Geschmack. Bei 20° kann das Wasser das 475fache seines Volumens an chlorwasserstoffsaurem Gase absorbiren; die alsdann gesättigte Flüssigkeit enthält 42,85 pCt. Chlorwasserstoff- oder salzsaures Gas, ihr spec. Gewicht = 1,21. Folgende Tabelle zeigt uns das spec. Gewicht der Salzsäure von verschiedener Concentration und den Gehalt derselben an reinem salzsauren Gase (bei 7° C.)

| Spec. Gewicht. | Säureprocente. | Spec. Gewicht. | Säureprocente. |
|---|---|---|---|
| 1,21 | 42,85 | 1,10 | 20,20 |
| 1,20 | 40,80 | 1,09 | 18,18 |
| 1,19 | 38,88 | 1,08 | 16,16 |
| 1,18 | 36,36 | 1,07 | 14,14 |
| 1,17 | 34,34 | 1,06 | 12,12 |
| 1,16 | 32,32 | 1,05 | 10,10 |
| 1,15 | 30,30 | 1,04 | 8,08 |
| 1,14 | 28,28 | 1,03 | 6,06 |
| 1,13 | 26,26 | 1,02 | 4,04 |
| 1,12 | 24,24 | 1,01 | 2,02 |
| 1,11 | 22,22 | | |

Anwendung der Salzsäure.

Die Salzsäure (ClH) wird in der grössten Masse zur Darstellung des Chlorkalkes und anderer Chlorpräparate angewendet, sie dient ferner zur Fabrikation des Salmiaks, des Leims und des Phosphors, zur Darstellung der Kohlensäure bei der Mineralwasserfabrikation, zum Auflösen verschiedener Metalle (Zinn) entweder für sich, oder mit Salpetersäure gemischt, als Königswasser. Sie findet auch in den Rübenzuckerfabriken zum Entfernen des Kalkes aus der Knochenkohle in grosser Quantität Anwendung.

Früher versendete man die Salzsäure in Glasballons oder Steinzeugkruken, die oft mehr Werth hatten, als die Säure selbst; jetzt benutzt man in England zur Versendung Fässer, die inwendig mit einer $^1/_4$ Zoll dicken Schicht von Guttapercha überzogen sind.

Glaubersalz.

Das Glaubersalz oder schwefelsaure Natron ($NaO$, $SO_3$ + 10 $HO$) wird, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, zum grössten Theile künstlich durch Zersetzen des Kochsalzes mit Schwefelsäure dargestellt. Ausserdem findet es sich in der Natur in den Mineralien Thenardit ($NaO$, $SO_3$) und Brogniartin oder Glauberit ($NaO$, $SO_3$ + $CaO$, $SO_3$), in vielen Mineralwässern, wie in dem Carlsbader und Püllnaer Wasser, in dem Meerwasser und in den meisten Salzsoolen. Aus letzteren wird es häufig in grosser Menge als Nebenproduct gewonnen. In neuerer Zeit wird es auch aus dem Meerwasser

dargestellt. Das Glaubersalz krystallisirt in grossen, durchsichtigen Krystallen, welche 55,7 pCt. Krystallwasser enthalten. In trockner Luft verliert es das Krystallwasser, dasselbe geschieht auch beim Glühen. Es wird meist als calcinirtes Glaubersalz verschickt.

Anwendung. Das Glaubersalz dient in grösster Menge zur Fabrikation der Soda, des Ultramarins und des Glases; im letzteren Falle kommt nur das Natron desselben in Betracht; man schmilzt dasselbe mit Kohle und Kieselerde (Quarz) zusammen, durch die Einwirkung der Kohle wird die Schwefelsäure des Glaubersalzes zu schwefliger Säure reducirt, diese durch die Kieselerde (Kieselsäure) ausgetrieben und es bleibt kieselsaures Natron zurück.

## Der Chlorkalk und die Chloralkalien.

Chlorkalk und Chloralkalien. Chlor im Allgemeinen. Es ist bekannt, dass das Chlorgas, welches wir erhalten, wenn wir Salzsäure mit einem Superoxyd, z. B. Braunstein (Mangansuperoxyd) erhitzen, organische Pigmente und Miasmen zerstört und deshalb als Bleichmittel und Anticontagium vielfache Anwendung findet. Das Chlorgas ist bei gewöhnlicher Temperatur und bei gewöhnlichem Luftdruck ein grünlichgelbes Gas, von erstickendem Geruch, das vom Wasser in grosser Menge absorbirt wird und dann das Chlorwasser bildet. Die bleichende Eigenschaft des gasförmigen, so wie des in Wasser gelösten Chlorgases (des Chlorwassers) beruht auf seiner grossen Verwandtschaft zum Wasserstoff, nach welcher es den Farbstoffen direct Wasserstoff entzieht und dieselben auf diese Weise zerlegt, oder, und dies geschieht in den meisten Fällen, eine Wasserzersetzung bewirkt, in deren Folge die färbenden Substanzen durch den als Ozon ausgeschiedenen Sauerstoff des Wassers oxydirt werden. In beiden Fällen bildet sich Salzsäure, was bei der Anwendung des Chlors zum Beichen wohl zu berücksichtigen ist. Indem Chlor mit einem organischen Körper zusammenkommt, der in den meisten Fällen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, entzieht das Chlor einen Theil des Wasserstoffs der organischen Verbindung und bildet Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure), während häufig der ausgetretene Wasserstoff in dem organischen Körper durch Chlor vertreten wird. Bei der Bleiche von leinenen oder baumwollenen Stoffen durch Chlor wird nicht die Faser angegriffen, sondern nur der die Faser färbende kohlenstoffreiche Körper durch den bei der Wasserzersetzung frei werdenden Sauerstoff zu Kohlensäure oxydirt. Durch Chlor können nur stickstofffreie organische Körper gebleicht werden, stickstoffhaltige nehmen eine gelbe Farbe an.

Das Chlor ist weder als Gas, noch in seiner wässerigen Lösung transportabel; man benutzt deshalb zum Bleichen nicht das Chlor in Substanz, sondern eine Verbindung des Chlors mit Sauerstoff, die unterchlorige

*Säure*, und zwar, da sie im freien Zustande nicht existiren kann, in Verbindung mit einer Base, als *unterchlorigsaures Salz*. Als Base wählt man Kalkhydrat, Kali oder Natron. Die Verbindung des Kalkes mit der unterchlorigen Säure ist der wesentliche Bestandtheil des bekannten *Chlorkalks, Bleichkalks oder Bleichpulvers*.

Darstellung des Chlorkalkes.

Man stellt den Chlorkalk im Grossen auf folgende Weise dar: In Fabriken, in welchen Soda und Chlorkalk zu gleicher Zeit fabricirt werden, erhält man das Chlor, wie schon Seite 52 angegeben worden ist, indem man das Kochsalz, das durch Schwefelsäure in Glaubersalz verwandelt werden soll, mit Braunstein (Mangansuperoxyd) mengt.

Der Vorgang hierbei ist folgender:

| | | |
|---|---|---|
| 1 Aeq. Kochsalz ($Na\,Cl$), | geben | 1 Aeq. Glaubersalz ($NaO, SO_3$), |
| 1 Aeq. Braunstein ($MnO_2$) und | | 1 Aeq. schwefelsaures Manganoxydul ($MnO, SO_3$), |
| 2 Aeq. Schwefelsäure ($2\ SO_3$) | | 1 Aeq. Chlor ($Cl$). |

In andern Fabriken wendet man zur Chlordarstellung Braunstein und Salzsäure, oder Braunstein, Schwefelsäure und Salzsäure an; im ersteren Falle erhält man nur die Hälfte des in der Salzsäure enthaltenen Chlors, während die andere Hälfte an Mangan gebunden, als Manganchlorür zurückbleibt, denn:

| | | |
|---|---|---|
| 1 Aeq. Braunstein ($MnO_2$), | geben | 1 Aeq. Chlor ($Cl$), |
| 2 Aeq. Salzsäure ($2\ Cl\,H$) | | 1 Aeq. Manganchlorür ($Mn\,Cl$), |
| | | 2 Aeq. Wasser ($2\ HO$). |

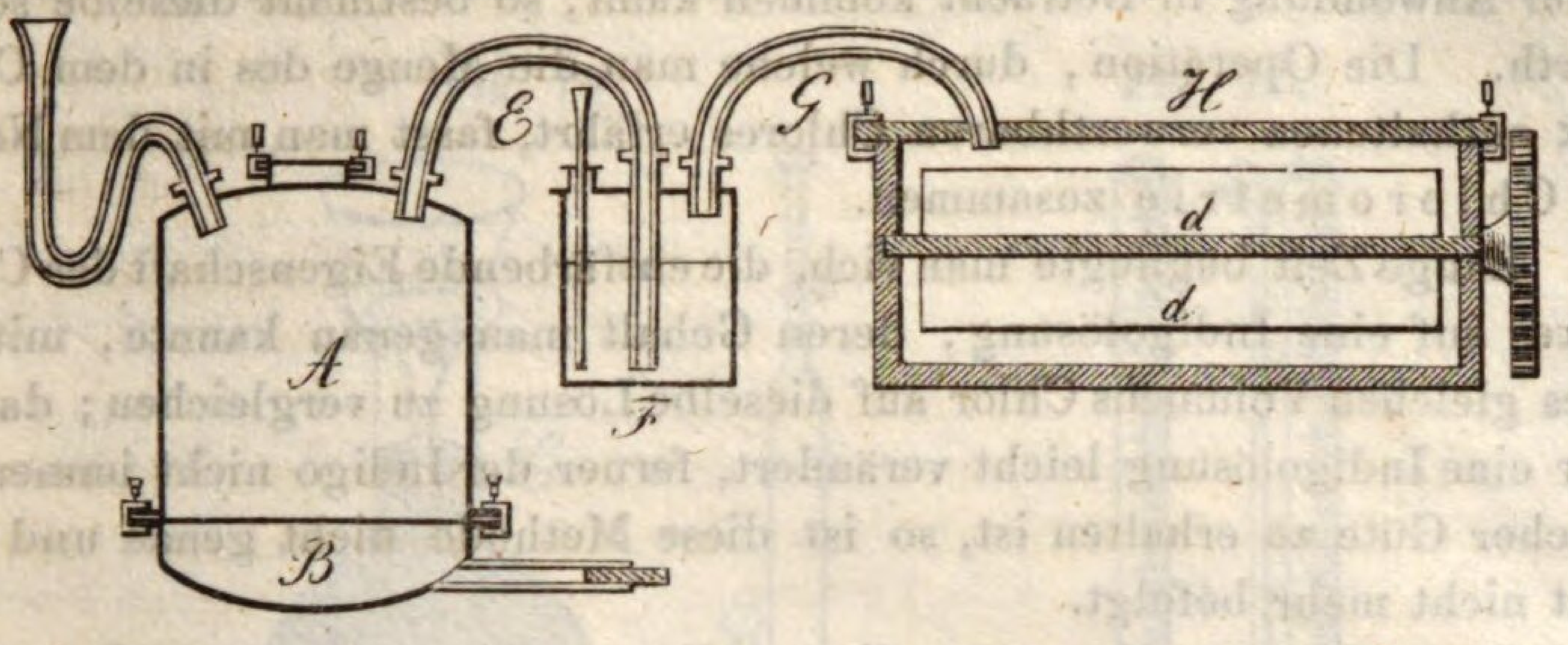
Im zweiten Falle erhält man die ganze Menge des in der Salzsäure enthaltenen Chlors, denn:

| | | |
|---|---|---|
| 1 Aeq. Braunstein ($MnO_2$), | geben | 1 Aeq. schwefelsaures Manganoxydul ($MaO, SO_3$), |
| 1 Aeq. Salzsäure ($Cl\,H$); | | 1 Aeq. Chlor, |
| 1 Aeq. Schwefelsäure ($SO_3$) | | 1 Aeq. Wasser. |

Die bei den beiden letzteren Methoden zurückbleibenden Rückstände (das Manganchlorür und das schwefelsaure Manganoxydul) werden vortheilhaft zur Reinigung des Leuchtgases benutzt; das erstere wendet man auch in einigen Fabriken zur Darstellung von Chlorcalcium an. Zur Entwickelung des Chlorgases, gleichviel nach welcher Methode es geschieht, bringt man die Materialien in das cylindrische kleine Entwickelungsgefäss *A* (Fig. 16), das mit dem gusseisernen Boden *B* versehen ist. Das Gefäss steht auf einem zur Erhitzung geeigneten Mauerwerk. Das sich entwickelnde Chlorgas geht durch das Gasleitungsrohr *E* in das Waschgefäss *F*, in welchem sich Wasser befindet. Aus diesem Gefäss führt die Röhre *G* das gereinigte Gas in den hölzernen Kasten *H*, in welchem sich frisch gebrannter, möglichst thon- und eisenfreier und mit Wasser zu einem pulverigen Hydrate gelöschter Kalk befindet. Eine Welle mit Flügeln *d d* dient dazu, durch Umdrehen den Kalk von Zeit zu Zeit umzurühren und dadurch

dem einströmenden Chlorgase möglichst viele Berührungspunkte darzubieten. Auf 100 Pfund Kochsalz wendet man 65 Th. Braunstein, 150 Th. Schwefelsäure und 90 Th. Wasser zur Chlorentwickelung an, und bringt in den

Fig. 16.




hölzernen Kasten 120 Pfund Kalk, im ungelöschten Zustande gewogen. Eine solche Operation dauert 24 Stunden.

In Fabriken, in welchen der Chlorkalk zu eigenem Gebrauche fabricirt wird, lässt man das Chlorgas in Kalkmilch einströmen.

Theorie der Bildung des Chlorkalkes.

Die Theorie der Bildung des Chlorkalkes ist folgende: Wenn Chlorgas mit Kalkhydrat (CaO, HO) zusammenkommt, so verbindet sich ein Theil des Sauerstoffs des Kalkes mit einem Aequivalent Chlor zu unterchloriger Säure, welche mit einem Aequivalent unzersetztem Kalk unterchlorigsauren Kalk bildet, während ein anderes Aequivalent Chlor mit dem seines Sauerstoffs beraubten Calcium zu Chlorcalcium zusammentritt, denn:

2 Aeq. Kalkhydrat (CaO, HO),
2 Aeq. Chlor (2 Cl)
geben
1 Aeq. unterchlorigs. Kalk (CaO, ClO),
1 Aeq. Chlorcalcium (Ca Cl),
2 Aeq. Wasser (2 HO).

Ein so zusammengesetzter Chlorkalk besteht in 100 Theilen aus

| | |
|---|---|
| unterchlorigsauren Kalk | 49,31 |
| Chlorcalcium | 38,28 |
| Wasser | 12,41 |
| | 100,00 |

Eigenschaften des Chlorkalkes.

Der Chlorkalk erscheint als weisses Pulver, das aus unterchlorigsaurem Kalke, Chlorcalcium und überschüssigem gelöschten Kalke besteht; in 10 Th. Wasser lösen sich die bleichenden Verbindungen auf, während der überschüssige Kalk zurückbleibt. Das Chlor des Chlorcalciums im Chlorkalke wirkt ebenfalls bleichend, indem beim Behandeln des Chlorkalkes mit Säuren die frei gewordene unterchlorige Säure und die Salzsäure sich zu Wasser und Chlor umsetzen (ClO + CH = 2 Cl + HO). Die bleichende Wirkung des Chlorkalks erfolgt nicht sogleich,

wenn nicht zugleich eine Säure zugefügt wird*). — Die Anwendung des Chlorkalks ist schon angeführt worden. In den meisten Fällen lässt sich seine Wirkung auf eine Oxydation in Folge von Ozonbildung zurückführen.

Chlorometrie. Da in dem Chlorkalk nur die Menge des darin enthaltenen unterchlorigsauren Kalkes mit seinem Aequivalent Chlorcalcium bei seiner Anwendung in Betracht kommen kann, so bestimmt dieselbe seinen Werth. Die Operation, durch welche man die Menge des in dem Chlorkalk enthaltenen verwerthbaren Chlores erfährt, fasst man mit dem Namen der Chlorometrie zusammen.

Lange Zeit begnügte man sich, die entfärbende Eigenschaft des Chlorkalkes auf eine Indigolösung, deren Gehalt man genau kannte, mit der eines gleichen Volumens Chlor auf dieselbe Lösung zu vergleichen; da sich aber eine Indigolösung leicht verändert, ferner der Indigo nicht immer von gleicher Güte zu erhalten ist, so ist diese Methode nicht genau und wird jetzt nicht mehr befolgt.

Gay-Lussac benutzte die oxydirende Einwirkung des Chlorkalks auf arsenige Säure. Als Vergleichungspunkt dient ein Volumen trocknes Chlorgas, das in einem gleichen Volumen Wasser gelöst ist. Wenn man diese Lösung in eine in 100 Theile getheilte (graduirte) Röhre giesst, so entspricht jeder Theil einem Hundertstel Chlor. Andererseits stellt man eine Lösung von arseniger Säure in Salzsäure und Wasser dar, von der Stärke, dass bei gleichem Volumen beide Lösungen sich gegenseitig zersetzen. Die Zersetzung geht auf folgende Weise vor sich:

$$\left.\begin{array}{l} \text{1 Aeq. arsenige Säure } (AsO_3) \\ \text{2 Aeq. Wasser } (2\,HO) \\ \text{2 Aeq. Chlor } (2\,Cl) \end{array}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{array}{l} \text{2 Aeq. Salzsäure } (2\,ClH), \\ \text{1 Aeq. Arseniksäure } (AsO_5). \end{array}\right.$$

Das Wasser wird hierbei zersetzt, der Sauerstoff desselben verbindet sich mit der arsenigen Säure und bildet Arseniksäure, während der Wasserstoff des Wassers mit dem Chlor zu Salzsäure zusammentritt.

Gewöhnlich nimmt man ein Liter Chlorgas, das man in einem Liter destillirtem Wasser löst; andererseits bereitet man eine Normallösung von arseniger Säure, welche durch das Liter Chlorwasser vollständig zu Arseniksäure oxydirt wird.

Nimmt man nun eine Lösung von Chlorkalk oder einer anderen zum Bleichen angewendeten Chlorverbindung, deren Entfärbungsvermögen man kennen lernen will, so kann man, wenn man diese Flüssigkeit in eine Lösung von arseniger Säure giesst, aus der Menge derselben, die zum Zersetzen des unterchlorigsauren Salzes erforderlich ist, auf die in der ursprünglichen Lösung enthaltene Chlormenge einen sichern Schluss ziehen.

*) Man benutzt diese Eigenschaft des Chlorkalkes, um auf türkischroth gefärbtem Zeuge weisse Muster hervorzubringen, indem man die Muster vermittelst mit Gummi verdickter Weinsäure aufdruckt und die Zeuge sodann etwa eine Minute lang in Chlorkalklösung taucht.

Um dieses Verfahren auszuführen, nimmt man z. B. 10 Grammen Chlorkalk, zerreibt denselben mit Wasser und setzt dann so viel destillirtes Wasser hinzu, dass das Volumen der Lösung genau ein Liter beträgt. Hierzu wendet man das Gefäss *A* an (Fig. 16), das bis zum Strich *C* gefüllt, genau ein Liter fasst. Mit dieser Flüssigkeit füllt man eine graduirte Bürette (Fig. 17) bis zum 0 Striche; diese hat 200 Striche; 100 dersel-

Fig. 16.

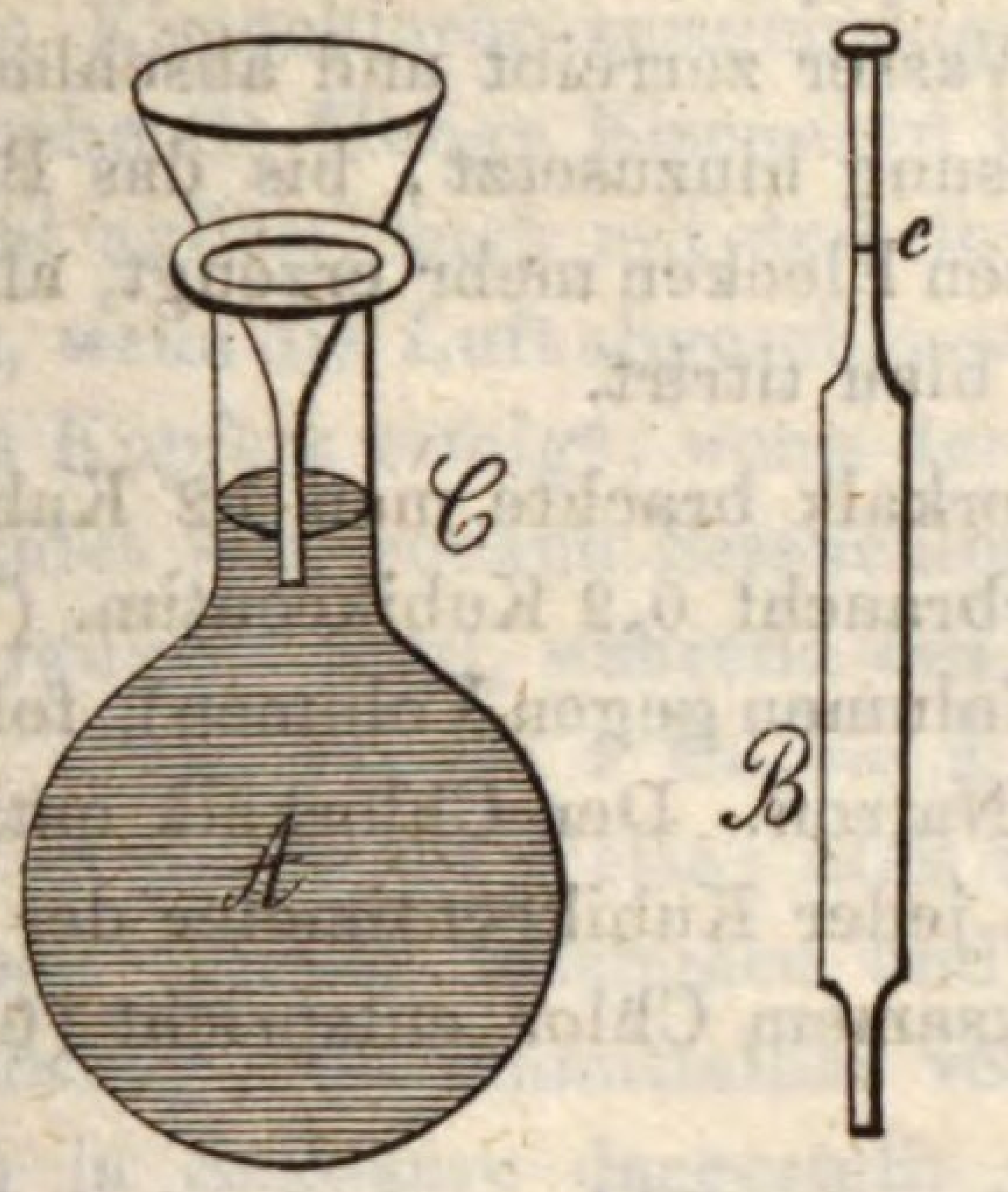



Fig. 17.




ben sind gleich 10 Kubikcentimetern. Hierauf bringt man vermittelst der Pipette *B* (Fig 16) 10 Kubikcentimeter der Lösung der arsenigen Säure in ein Mischungsgefäss, setzt zu denselben einen Tropfen Indigolösung, damit die Flüssigkeit schwach gefärbt erscheint, und fügt dann aus der erwähnten Bürette Chlorkalklösung hinzu, bis die Färbung fast nicht mehr zu bemerken ist. Darauf setzt man abermals einen Tropfen Indigolösung hinzu und dann so lange Chlorkalklösung, bis die Flüssigkeit entfärbt und wasserhell ist. — Zur Darstellung der normalen Lösung der arsenigen Säure wendet man 4,4 Gr. arsenige Säure, 32,0 Gr. reine Salzsäure und eine hinlängliche Menge Wasser, um ein Liter zu füllen, an.

Hätte man z. B. 200 Raumtheile gebraucht, so sagt man:

$$100 \times \frac{100}{200} = 50$$

d. h. in 200 Raumtheilen (= 10 Gr. Chlorkalk) sind 50 Raumtheile Chlorgas enthalten. Penot hat das Verfahren von Gay-Lussac dahin abgeändert, dass er statt der sauren Lösung der arsenigen Säure arsenigsaures Natron und statt der Indigolösung ein farbloses jodirtes Papier anwendet, das sich durch die geringste Menge freie Säure blau färbt. Zur Bereitung des jodirten Papieres erhitzt man 1 Gr. Jod, 7 Gr. krystallisirtes kohlensaures Natron, 3 Gr. Stärkemehl mit $^1/_4$ Liter Wasser bis zur Auflösung und Entfärbung, verdünnt sodann auf $^1/_2$ Liter und tränkt damit weisses Papier. Die Arsenikprobeflüssigkeit ist eine Auflösung von 4,44 Gr. arseniger Säure und 13 Gr. krystall. kohlensaurem Natron, die auf 1 Liter verdünnt ist. Man giesst dieselbe aus der Bürette in die Chlor-

kalklösung (10 Gr. Chlorkalk auf 1 Liter), bis ein Tropfen der letzteren das jodirte Papier nicht mehr färbt.

Mohr hat vorstehendes Verfahren modificirt; er bereitet die Arsenikflüssigkeit durch Auflösen von 4,95 Gr. arseniger Säure und 10 Gr. zweifach kohlensaurem Natron in Wasser und Verdünnen der Flüssigkeit bis zu 1 Liter; er stellt ferner eine Jodlösung dar durch Auflösen von 12,688 Gr. Jod vermittelst Jodkalium und Verdünnen mit Wasser bis zu 1 Liter. Das jodirte Papier ist einfaches Jodstärkepapier. Man führt die Chlorkalkprobe aus, indem man Chlorkalk mit Wasser zerreibt und abschlämmt, bis alle Theile schweben, dann Arseniklösung hinzusetzt, bis das Betupfen eines Jodkaliumstärkepapiers keine blauen Flecken mehr erzeugt, alsdann Stärkelösung zusetzt und mit Jodlösung blau titrirt.

Beispiel. Zu 1 Gr. Chlorkalk brachte man 72 Kubikcentim. arsenigsaures Natron; es wurden verbraucht 0,2 Kubikcentim. (Titre: gleich stark wie die Arseniklösung, d. h. Volumen gegen Volumen), folglich blieben 71,8 Kubikcentim. arsenigsaures Natron. Der Chlorkalk enthält demnach 25,460 pCt. wirksames Chlor, da jeder Kubikcentimeter der verbrauchten Arseniklösung 0,003546 Gr. wirksamem Chlor entspricht ($0{,}003546 \times 71{,}8 = 0{,}2546$)

Andere Methoden der Chlorometrie.

Andere Methoden der Chlorometrie sind die von Graham und Otto, Runge und Marezeau. Die Methode von Graham und Otto beruht auf dem Umstande, dass das bleichende Chlor des Chlorkalkes das schwefelsaure Eisenoxydul oxydirt. Die Umwandelung wird durch folgendes Schema ausgedrückt:

| | | |
|---|---|---|
| Eisenoxydul 2 FeO<br>Chlor Cl<br>Wasser HO | geben | Eisenoxyd $Fe_2\ O_3$<br>Salzsäure Cl H |

100 Theile Chlor oxydiren 783 Th. krystallisirtes schwefelsaures Eisenoxydul, der Chlorgehalt eines Chlorkalkes verhält sich demnach zu der Quantität des Eisenvitriols, die er oxydirt, wie 100 : 783. Die Umwandlung des Oxyduls in Oxyd wird durch Ferridcyankalium (rothes Blutlaugensalz) ermittelt, das durch Eisenoxydullösung, nicht aber durch Oxydlösung gefällt wird. Zu dem chlorometrischen Versuche werden 1,566 Gr. krystall. schwefelsaures Eisenoxydul in etwas Wasser gelöst und die Lösung mit Schwefelsäure angesäuert. Hierauf reibt man 2 Gr. des zu prüfenden Chlorkalkes mit Wasser zu einem höchst zarten Brei, verdünnt diesen mit Wasser und giesst die Flüssigkeit in die in 100 Kubikcentimeter eingetheilte Bürette; dann setzt man so viel Wasser hinzu, bis die Bürette bis 0 angefüllt ist. Nun giesst man von der Chlorkalkflüssigkeit in kleinen Quantitäten so lange zu der Eisenoxydullösung, bis alles Oxydul in Oxyd verwandelt ist, und ein Tropfen der Lösung einen Tropfen einer verdünnten Ferridcyankaliumlösung nicht mehr blau fällt. Man notirt sich dann die Anzahl der verbrauchten Grade der Chlorkalkflüssigkeit. Um den Procentgehalt zu erfahren, braucht man nur die Zahl 1000 durch die verbrauchten

Grade der Chlorkalkflüssigkeit zu dividiren. Sind z. B. bei dem Versuche 40 Grade der Chlorkalkflüssigkeit verbraucht worden, so enthält der Chlorkalk 25 pCt. Chlor, denn $\frac{1000}{40} = 25$.

Nach Runge berechnet man aus dem Gewichtsverluste, den ein Kupferblech in einem Gemenge der Chlorkalklösung mit Eisenchlorür erleidet, die Menge des Chlors; der Vorgang beruht darauf, dass Chlorkalk mit einer Auflösung von Eisenchlorür zusammengebracht, eine seinem Chlorgehalt genau entsprechende Menge Eisenoxyd bildet, dass Kupfer sich in reiner Salzsäure nicht auflöst, auch mit derselben gekocht, nichts von seinem Gewicht verliert, wenn die Luft abgeschlossen wird, dass dagegen sogleich eine Auflösung des Kupfers erfolgt, wenn der Salzsäure Eisenoxyd hinzugesetzt wird. Es bildet sich sodann Eisenchlorid, welches durch das Kupfer zu Eisenchlorür reducirt wird, während das Kupfer in Kupferchlorür übergeht:

$$Fe_2\,Cl_3 + 2\,Cu = 2\,Fe\,Cl + Cu_2\,Cl.$$

Man verfährt in folgender Weise: Man reibt 2 Gr. des zu untersuchenden Chlorkalkes mit Wasser zusammen und mischt mit der Flüssigkeit eine Eisenchlorürlösung, die unmittelbar vorher durch Auflösen von 0,6 Gr. reinem Eisen in Salzsäure dargestellt worden ist. Sodann giesst man Salzsäure im Ueberschuss hinzu und kocht die Flüssigkeit mit einem 4 Gr. schweren Kupferblech, bis die dunkle Farbe der Flüssigkeit in hellgelbgrün übergegangen ist. Hierauf wird das Kupfer herausgenommen, abgewaschen, getrocknet und gewogen. Ein Gewichtsverlust des Kupfers von 63,4 (= 2 Cu) entspricht 35, 5 (= Cl) Chlor im Chlorkalk.

Marezeau berechnet aus der Menge Quecksilberchlorür, die durch Chlor in Quecksilberchlorid umgewandelt wird, die Menge des Chlors ($Hg_2\,Cl + Cl = 2\,Hg\,Cl$).

Chloralkalien. Von den sogenannten Chloralkalien wendet man das unterchlorigsaure Kali oder Chlorkali (Eau de Javelle) und die entsprechende Natronverbindung (Eau de Labarraque) an. Man stellt diese Bleichflüssigkeiten (Fleckwasser) dar, indem man durch eine Lösung ätzender (1) oder kohlensaurer (2) Alkalien Chlorgas leitet:

(1) $2\,KO + 2\,Cl = KO,\,ClO + Cl\,K$

(2) $4\,KO,\,CO_2 + 2\,Cl = KO,\,ClO + 2\,KO,\,2\,CO_2 + Cl\,K$;

oder indem man Chlorkalk mit Wasser auszieht und die Flüssigkeit mit kohlensaurem oder schwefelsaurem Alkali behandelt; es scheidet sich kohlensaurer oder schwefelsaurer Kalk ab, während unterchlorigsaures Alkali und Chlorür gelöst werden. Beide Flüssigkeiten werden in Frankreich in grosser Menge fabricirt; letztere führt den Namen Chlorure de Soude oder Chlorure d'oxide de Sodium.

Chlorsaures Kali. Das chlorsaure Kali $KO,\,Cl\,O_5$, ein in weissen, tafelförmigen rhombischen Krystallen krystallisirendes Salz, wurde früher dargestellt, indem man Chlorgas durch eine concentrirte Lösung von kohlensaurem

Kali leitete, wobei alle Kohlensäure entwich und eine Lösung entstand, die chlorsaures Kali und Chlorkalium enthielt:

$$6\ KO,\ CO_2 + 6\ Cl = 6\ CO_2 + KO,\ Cl\ O_5 + 5\ K\ Cl.$$

Das chlorsaure Kali krystallisirt aus der Flüssigkeit zuerst heraus. Die Mutterlauge lieferte beim Abdampfen Chlorkalium. Bei der Darstellung im Grossen lässt man Chlorgas auf Kalkmilch einwirken, wobei chlorsaurer Kalk und Chlorcalcium entstehen. Der erstere wird durch Chlorkalium zersetzt. Eine andere Methode der Darstellung von chlorsaurem Kali besteht darin, dass man Chlorgas auf eine Auflösung von einem Aequivalent Chorkalium, die mit 6 Aequivalenten Kalk zu einem Brei angerührt worden ist, einwirken lässt:

$$K\ Cl + 6\ CaO + 6\ Cl = 6\ Ca\ Cl + KO,\ Cl\ O_5.$$

Das chlorsaure Kali findet jetzt hauptsächlich Anwendung in der Feuerwerkerei, als Zusatz zur Masse der Zündrequisiten, der Zündhütchen und der Zündpillen der Zündnadelgewehre, und als oxydirendes Mittel in der Kattundruckerei. Früher wurde es zur Fabrikation der Tauchzündhölzchen benutzt.

## Die Braunsteinprobe.

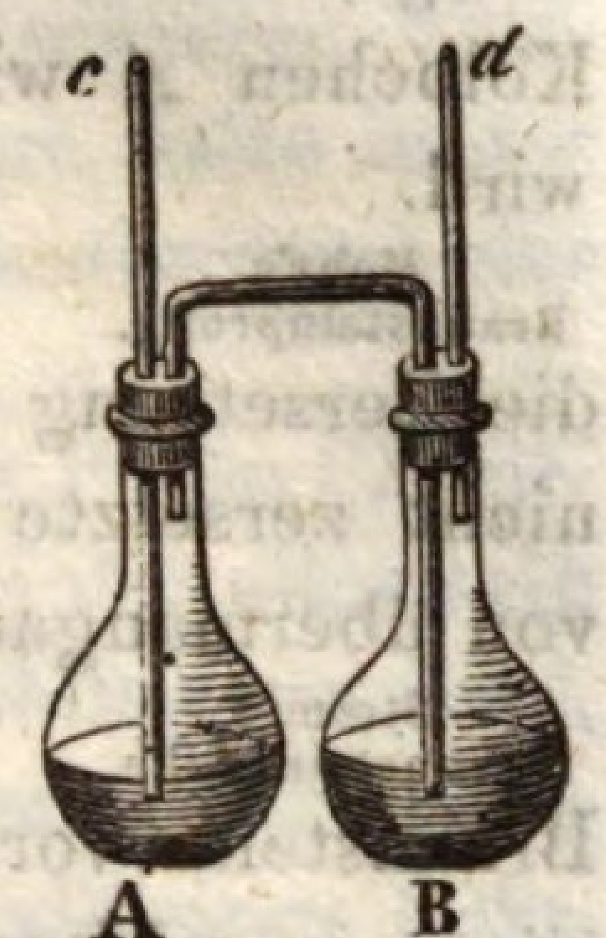
Braunsteinprobe. Der in der chemischen Fabrikation häufig, namentlich zur Darstellung des Chlorkalkes, zum Entfärben und Färben des Glases, in der Glas- und Porzellanmalerei, zur braunen Töpferglasur, zum Färben von Steingutmasse etc. angewendete Braunstein ist der Pyrolusit der Mineralogen oder das Mangansuperoxyd ($Mn\ O_2$) der Chemiker; fast stets enthält dieses Mineral niedrigere Oxydationsstufen des Mangans, besonders Manganit ($Mn_2\ O_3 + HO$) oder auch fremde Substanzen beigemengt. Da aber das Mangan als solches im Braunstein nur von untergeordnetem Werthe ist, so ist es von Wichtigkeit, genau die Menge des darin enthaltenen Superoxydes kennen zu lernen. Unter den vielen zu diesem Behufe vorgeschlagenen Methoden gebührt der von den Herren Fresenius und Will vorgeschlagenen der Vorzug. Diese Methode gründet sich darauf, dass ein Aequivalent Mangansuperoxyd mit Schwefelsäure übergossen und erhitzt, durch seinen frei werdenden Sauerstoff ein Aequivalent Oxalsäure in zwei Aequivalente Kohlensäure umzuwandeln vermag, denn:

| | | |
|---|---|---|
| 1 Aequivalent Mangansuperoxyd ($MnO_2$), | geben | 1 Aeq. schwefelsaures Manganoxydul ($MnO,\ SO_3$), |
| 1 Aeq. Schwefelsäure ($SO_3$), | | 2 Aeq. Kohlensäure ($2\ CO_2$), |
| 1 Aeq. Oxalsäure ($C_2\ H\ O_4$), | | 1 Aeq. Wasser ($HO$). |

Aus dem Gewicht der entwichenen Kohlensäure lässt sich leicht der Gehalt des Braunsteins an Mangansuperoxyd berechnen. — Zur Ausführung

der Methode bedient man sich des in beistehender Figur 18 dargestellten Apparates. Zwei Glaskölbchen *A* und *B* werden durch luftdicht geschlossene Korke vermittelst einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre verbunden, welche in dem Kolben *A* nur bis durch den Kork, in *B* aber bis auf den Boden reicht. In jedem Kolben befindet sich noch eine an beiden Seiten offene Glasröhre *c* und *d*. In den Kolben *A* bringt man das Gemenge des zu untersuchenden, vorher bei 120° getrockneten*) Braunsteins mit der Oxalsäure (oder oxalsaurem Kali) und so viel Wasser, dass der Kolben ungefähr zum dritten Theile angefüllt ist. Der Kolben *B* wird zur Hälfte mit englischer Schwefelsäure angefüllt. Nachdem dies geschehen, verschliesst man die obere Oeffnung der Röhre *c* mit etwas Wachs und wägt den Apparat; darauf zieht man mit dem Munde durch die Röhre *d* etwas Luft aus dem Kolben, so dass beim Entfernen des Mundes einige Tropfen Säure in den Kolben *A* treten. Die Entwickelung der Kohlensäure beginnt sogleich; sie entweicht durch die Schwefelsäure in den Kolben *B* und wird dadurch getrocknet. Lässt die Kohlensäureentwickelung nach, so saugt man abermals etwas Schwefelsäure herüber und fährt so fort, bis aller Braunstein zersetzt ist, was ungefähr 5—10 Minuten Zeit erfordert. Die Beendigung des Versuches erkennt man nicht nur an dem Aufhören der Kohlensäureentwickelung, sondern auch daran, dass kein schwarzes Pulver mehr am Boden des Kolbens befindlich ist. Nach vollendeter Kohlensäureentwickelung entfernt man das Wachs bei *c* und saugt längere Zeit bei *d*, um alle Kohlensäure aus dem Apparate zu entfernen. Durch abermaliges Wägen erfährt man den Gewichtsverlust und daraus durch Berechnung die Menge des in dem Braunstein enthaltenen Mangansuperoxydes, da sich zwei Aequivalente Kohlensäure ($2\ CO_2 = 44$) zu einem Aequivalent Mangansuperoxyd ($Mn\ O_2 = 43{,}7$) verhalten wie die gefundene Kohlensäure zu x.

Fig. 18.




Hätte man 4,00 Gr. Braunstein genommen und bei dem Versuche 3,5 Kohlensäure erhalten, so wäre anzusetzen

$$44 : 43{,}7 = 3{,}50 : x$$
$$x = 3{,}47.$$

In 4 Grammen Braunstein waren enthalten 3,47 Gr. Mangansuperoxyd, was 86,7 pCt. entspricht. — Wenn man zu dem Versuche 2,98 Gr. Braunstein anwendet und die Menge der Kohlensäure durch 3 dividirt, so sind die Centigramme der entwichenen Kohlensäure der Ausdruck des Procentgehaltes an reinem Superoxyd. — Auf einen Theil Braunstein wendet man $1^1/_2$ Th. neutrales oxalsaures Kali an. — Braunsteinsorten,

*) Die Temperatur 120° ist als Norm für das Austrocknen des Braunsteins anzurechnen, indem dabei alles hygroskopische Wasser verflüchtigt wird, die darin enthaltenen Hydrate dagegen nicht zersetzt werden.

die kohlensaure Erden enthalten, werden von diesen Beimengungen vor dem Versuche befreit, indem man eine gewogene Menge des Braunsteins mit sehr verdünnter Salpetersäure digerirt, den Braunstein dann auf ein Filter bringt, mit Wasser auswäscht und dann mit dem Filter vorsichtig in das Kölbchen *A* wirft, worauf die Operation wie gewöhnlich vorgenommen wird.

Mohr's Braunsteinprobe.

Nach der volumetrischen Methode von Mohr geschieht die Zersetzung des Braunsteins durch bestimmte Mengen Oxalsäure; der nicht zersetzte Theil der Oxalsäure wird vermittelst einer titrirten Lösung von übermangansaurem Kali ($KO, Mn_2 O_7$) (Chamäleon) bestimmt.

Streng's Braunsteinprobe.

Streng schlägt zur Ermittelung des Werthes des Braunsteins vor, den Braunstein mit überschüssigem Zinnchlorür und Salzsäure zu erhitzen ($Sn Cl + Mn O_2 = Sn O_2 + Mn Cl$) und das Zinnchlorür mittelst einer Lösung von saurem chromsauren Kali ($KO, 2 Cr O_3$) zu bestimmen *).

## Die Alkalimetrie.

Alkalimetrie.

Die Potasche ist ein Gemenge von kohlensaurem Kali und die Soda ein Gemenge von kohlensaurem Natron mit fremden Salzen. In den meisten Fällen richtet sich der Werth beider Körper nach der Menge des in ihnen enthaltenen kohlensauren Salzes. Die Methoden, welche zum Zweck haben, den Gehalt der Potasche und der Soda in diesem Sinne zu ermitteln, werden alkalimetrische Methoden, die Gesammtheit derselben Alkalimetrie genannt.

Methode von Descroizilles und Gay-Lussac.

Die ältere von Descroizilles angegebene und von Gay-Lussac verbesserte Methode besteht darin, dass man prüft, wie viel Schwefelsäure erforderlich ist, um mit dem zu prüfenden Salze, der Potasche oder der Soda ein neutrales Salz zu bilden, da man genau die Menge der Schwefelsäure kennt, die aus einem gewissen Quantum kohlensauren Alkalis die Kohlensäure austreibt und das Salz sättigt. Das zu diesem Versuche dienende Instrument ist eine, schon bei der Chlorometrie erwähnte Bürette, die durch 100 Theilstriche in 100 Kubikcentimeter getheilt ist. Man füllt die graduirte Röhre mit verdünnter Schwefelsäure, die genau aus 1 Theile Schwefelsäure von 1,84 spec. Gewicht und 9 Th. Wasser besteht, bis zum Punkte 0 an; darauf wägt man 3,185 Gr. Soda oder 4,807 Gr. Potasche ab, löst diese Menge in siedendem Wasser und setzt zu der Lösung so lange von der sauren Flüssigkeit, bis die Sättigung erfolgt ist. Um den Punkt der Sättigung genau bestimmen zu können,

*) Diejenigen, die Proben nach den Methoden von Mohr, Streng, überhaupt volumetrische Proben ausführen wollen, seien auf Mohr's Lehrbuch d. chem. analyt. Titrirmethode, Braunschweig 1855, verwiesen.

wird die Lösung des Alkali's mit etwas Lakmustinctur bläulich gefärbt; mit dem Zugiessen der sauren Flüssigkeit hört man erst dann auf, wenn die Lösung eine weinrothe Farbe angenommen hat. Aus der Zahl der verbrauchten Hunderttheile der graduirten Flüssigkeit schliesst man dann auf den Gehalt der untersuchten Probe. Wenn ausser den kohlensauren Alkalien Schwefelmetalle, schwefligsaure und unterschwefligsaure Salze in der Probe enthalten sind, so entstehen bei dieser Art der Bestimmung des Werthes der Alkalien nicht unbedeutende Fehler.

Methode von Mohr. Mohr hat die volumino-alkalimetrische Probe (Titrirmethode) wesentlich verbessert. Die Mängel, welche sich bei der allgemein angewendeten Bürette von Gay-Lussac (siehe Seite 81) fühlbar machten, beseitigt Mohr durch eine Bürette, welche ebenso bequem in der Handhabung, als leicht anzufertigen ist. Diese Bürette ist ein kalibrirtes Rohr, unten spitz ausgezogen, mit an der Spitze befestigtem vulkanisirtem Kautschukrohre, an dessen anderem Ende ein Stückchen Glasrohr, das zum Ausfluss dient, eingeschoben ist. Das Kautschukrohr kann oberhalb dieser Ausflussröhre durch eine Klemmvorrichtung aus Messingdraht, den Quetschhahn, geschlossen werden. In der Ruhe ist das Rohr geschlossen, bei einem Drucke öffnet es sich.

Die bei den alkalimetrischen Bestimmungen bis jetzt als Probesäure gebräuchliche Schwefelsäure ist bei der Methode von Mohr durch die krystallisirte Oxalsäure ($C_2\ H\ O_4$, $2\ HO = 63$) ersetzt. 63 Gr. der Säure werden in Wasser gelöst, so dass die Lösung genau 1 Liter beträgt. Dieser sauren Probeflüssigkeit entspricht eine zweite, die aus einer Auflösung von Aetznatron besteht. Sie ist so titrirt, dass beim Vermischen derselben mit einem gleichen Volumen der Probesäure der letzte Tropfen Natron die Farbe der zugesetzten Lakmustinctur aus Roth in Blau verwandelt, was jedesmal durch einen einzigen Tropfen gelingt.

Zu einer alkalimetrischen Probe wiegt man von dem zu prüfenden, geglühten Alkali $^1/_{10}$ Aeq. in Grammen ab, also von Potasche 6,911 Gr., von Soda 5,3 Gr., welche im reinen Zustande 100 Kubikcentimeter der Probesäure sättigen würden. Man versetzt das mit etwas Lakmustinctur versetzte Alkali in einem Kolben mit Probesäure, bis das Blau in Violett übergeht, erhitzt nun bis zum Sieden und lässt mehr Probesäure nachfliessen, bis die Farbe zwiebelroth geworden ist, worauf man noch entschieden übersättigt. Der nun 2 bis 5 Kubikcentimeter überschrittene Sättigungspunkt des Alkalis wird nun bestimmt, indem man aus einer in $^1/_{10}$ Kubikcentimeter getheilten Pipette Probenatron unter Umschwenken zufliessen lässt, bis die Farbe plötzlich in klares Blau umschlägt. Die verbrauchten Kubikcentimeter Probenatron werden von den verbrauchten Kubikcentimetern Probesäure abgezogen; der Rest giebt unmittelbar die Procente an reinem kohlensaurem Alkali.

Beispiele. a) 3,455 Gr. = $^1/_{20}$ Aeq. Potasche brauchten 36 Kubikc. Probesäure und 3 Kubikc. Probenatron = 33 Kubikc. Probesäure

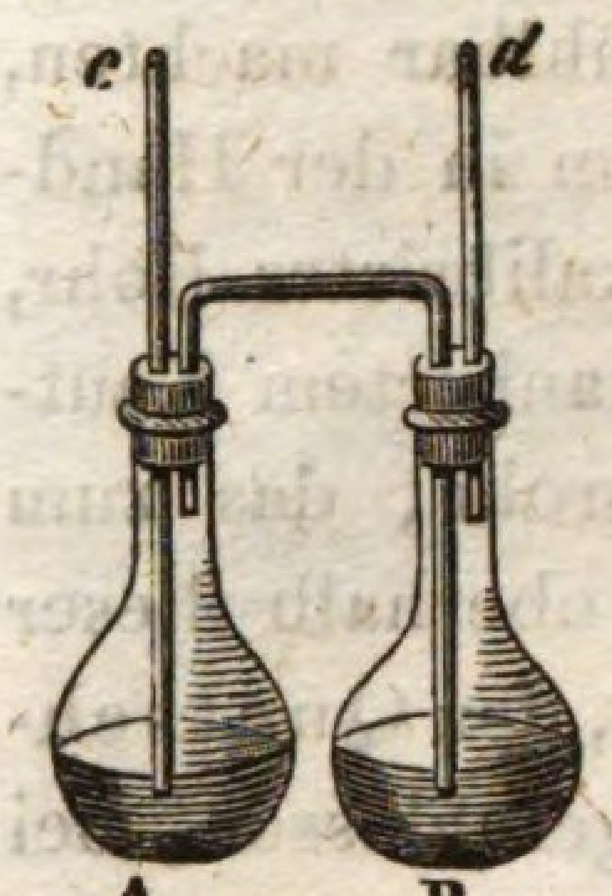
= 66 pCt. kohlensaures Kali (da anstatt $^1/_{10}$ Aeq. nur $^1/_{20}$ Aeq. angewendet wurde, so mussten die Kubikcentimeter der Säure verdoppelt werden, um pCte. zu erhalten).

b) 3 Gr. einer calcinirten käuflichen Soda brauchten 51 Kubikc. Probesäure und 3,6 Kubikc. Probenatron = 48,4 Kubikc. Probesäure; wir erhalten daraus 2,565 Gr. = 85,5 Proc. kohlensaures Natron.

Methode von Fresenius und Will.

Die Methode von Fresenius und Will wird in demselben Apparate ausgeführt, den wir schon bei der Braunsteinprobe kennen gelernt haben. Sie gründet sich darauf, dass man in einem gewogenen Apparate das zu untersuchende kohlensaure Alkali mit Schwefelsäure übergiesst und aus dem durch die entweichende Kohlensäure entstandenen Gewichtsverluste die Menge des darin enthaltenen kohlensauren Kalis oder Natrons berechnet. Um den Versuch auszuführen, bringt man in den Kolben *A* (Fig. 19) die abgewogene Menge Substanz und Wasser, so dass der Kolben bis zum dritten Theile angefüllt ist, und in den Kolben *B* englische Schwefelsäure; ausserdem verfährt man genau so, wie bei der Braunsteinprobe angegeben worden ist. Nach beendigter Gasentwickelung und nachdem man die Kohlensäure in dem Apparat durch Saugen durch atmosphärische Luft ersetzt hat, wägt man den Apparat. Hatte man 6,29 Grammen Potasche oder 4,84 Gr. Soda (diese Quantitäten enthalten, wenn sie reine kohlensaure Alkalien sind, genau 2 Gramme Kohlensäure) angewendet, so zeigen je zwei Centigramme Verlust ein pCt. kohlensaures Alkali an. Betrug der Gewichtsverlust bei der Prüfung einer Soda 1,42 Gr. (= 142 Centigrammen), so enthielt diese Soda

Fig. 19.




$$\frac{142}{2} = 71 \text{ pCt.}$$

kohlensaures Natron.

Fresenius und Will wenden zur Prüfung die getrockneten Substanzen an; zu diesem Zweck werden 10 Grammen der zu untersuchenden Potasche oder Soda schnell gerieben und in einem Schälchen aus Eisenblech oder Porzellan erhitzt, bis alles Wasser ausgetrieben ist, was man daran erkennt, dass eine über die Schale gehaltene Glasplatte nicht mehr beschlägt. Der Gewichtsverlust in Decigrammen ausgedrückt, zeigt den Wassergehalt in Procenten an. Hätten z. B. diese 10 Grammen Potasche beim Erhitzen 9 Decigramme (0,9) verloren, so würde der Wassergehalt 9 pCt. betragen. Dividirt man mit dem Gewichte des Rückstandes in 10000, so erhält man die Quantität der untersuchten Potasche, welche 100 Gewichtstheilen trockner Potasche entspricht; in dem erwähnten Beispiele also 109,8 (91 : 100 = 100 : 109,8). Diese Zahl machen Fresenius und Will zu dem Nenner eines Bruches, durch welchen der

Gehalt der Soda oder der Potasche an kohlensaurem Alkali, Wasser und fremden Salzen ausgedrückt wird, während der Zähler dieses Bruches die Procente an reinem kohlensauren Alkali angiebt. Eine käufliche Potasche von $\frac{80}{109,8}$ würde ausdrücken, dass 100 Theile dieser Potasche im wasserfreien Zustande 80 pCt. kohlensaures Kali enthalten und dass der Käufer 109,8 Th. dieser Potasche für denselben Preis erhalten muss, welchen er für die trockne bezahlte.

Da nach der angeführten Methode nur die Menge des kohlensauren Alkali, aber keineswegs die Menge des darin im ätzenden Zustande enthaltenen in Betracht kommen kann, so muss man sich durch einen vorläufigen Versuch überzeugen, ob die zu untersuchende Probe Aetzalkali enthält. Dies geschieht, indem man 3 Th. Chlorbarium und 1 Th. der zu untersuchenden Probe mit siedendem Wasser übergiesst, und nach gutem Umschütteln abfiltrirt. Reagirt die abfiltrirte Flüssigkeit alkalisch, so war in der Probe Aetzalkali enthalten. Ist Aetzalkali zugegen, so nimmt man das entwässerte Alkali, zerreibt es mit der 3—4fachen Menge reinen Quarzsandes, mengt $^1/_4$ kohlensaures Ammoniak hinzu, bringt das Pulver in eine Schale, befeuchtet dasselbe mit Wasser und erhitzt, bis alles Wasser ausgetrieben ist. In der getrockneten Probe wird sodann die Kohlensäure bestimmt. Ist die Quantität des dem kohlensauren Alkali beigemengten Aetzalkalis zu bestimmen, so wägt man zwei Proben der zu untersuchenden Substanz ab, bestimmt in der einen unmittelbar die Kohlensäure, in der anderen, nachdem die Probe mit kohlensaurem Ammoniak behandelt worden ist. Die Gewichtszunahme bei der zweiten Wägung giebt die Kohlensäuremenge an, welche einer äquivalenten Menge Kalkhydrat oder Natronhydrat entspricht. — Ist Schwefelalkalimetall in der Probe enthalten, wovon man sich überzeugt, wenn man eine kleine Menge desselben mit Salzsäure übergiesst, und ein über die Lösung gehaltenes mit essigsaurer Bleioxydlösung befeuchtetes Papier gebräunt wird, so setzt man zu der Probe ungefähr 1 Gramm gelbes chromsaures Kali; gleiches geschieht, wenn in der Probe schweflige oder unterschwefligsaure Alkalien enthalten sein sollten. Durch den Zusatz des chromsauren Salzes werden die schweflige Säure und der Schwefelwasserstoff zersetzt, und die entstandenen Educte oder Producte, schwefelsaures Chromoxyd, Wasser und Schwefel bleiben zurück.

## Das Ammoniak und die Ammoniaksalze.

Flüssiges Ammoniak. Das Ammoniak ($NH_3$) ist in technischer Beziehung sehr wichtig, nicht nur, dass es indirect das Rohmaterial zur Herstellung der Salpetersäure und der salpetersauren Salze bildet, wird es auch direct an-

gewendet zum Extrahiren der Orseille, der Cochenille u. s. w., zum Ausziehen des Kupfers, zum Auflösen des Silbers, in der Schnupftabakfabrikation u. s. w. Das reine Ammoniak erscheint als farbloses Gas von stechendem, zu Thränen reizendem Geruche und ätzendem alkalischem Geschmacke. Ein Volumen Wasser löst 4—500 Volumen dieses Gases und bildet dann das flüssige Ammoniak oder den Salmiakgeist. Bei erhöhter Temperatur und an der Luft verliert diese Flüssigkeit den grössten Theil des darin aufgelösten Ammoniaks; sie zieht ferner Kohlensäure aus der Luft an.

Aus dem specifischen Gewichte des flüssigen Ammoniaks kann man nach Carius und Otto nach folgender Tabelle die Procente des reinen Ammoniaks erfahren:

| Spec. Gew. | Ammoniak. | Wasser. | Spec. Gew. | Ammoniak. | Wasser. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,875 | 32,50 | 67,59 | 0,951 | 12,40 | 87,60 |
| 0,900 | 26,00 | 74,00 | 0,954 | 11,56 | 88,40 |
| 0,905 | 25,39 | 74,63 | 0,957 | 10,82 | 89,18 |
| 0,925 | 19,54 | 84,46 | 0,959 | 10,27 | 89,83 |
| 0,932 | 17,52 | 82,48 | 0,961 | 9,60 | 90,40 |
| 0,938 | 15,88 | 84,12 | 0,969 | 9,50 | 90,50 |
| 0,943 | 14,53 | 85,47 | 1,000 | 0,00 | 100,00 |
| 0,947 | 13,46 | 86,54 | | | |

Gewöhnlich stellt man das flüssige Ammoniak dadurch dar, dass man ein billiges Ammoniaksalz, entweder Salmiak oder schwefelsaures Ammoniak, in der Wärme durch Aetzkalk zersetzt und das sich entwickelnde Ammoniakgas in Wasser auffängt:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Salmiak } NH_4\,Cl\\ \text{Kalkhydrat } CaO,\,HO\end{array}\right\}\text{geben}\left\{\begin{array}{l}\text{Ammoniak } NH_3\\ \text{Chlorcalcium } Ca\,Cl\\ \text{Wasser } 2\,HO\end{array}\right.$$

der

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schwefelsaures Ammoniak } NH_4\,O,\,SO_3\\ \text{Kalkhydrat } CaO,\,HO\end{array}\right\}\text{geben}\left\{\begin{array}{l}\text{Ammoniak } NH_3\\ \text{Gyps } CaO\,SO_3 + 2\,HO.\end{array}\right.$$

Zur Herstellung des flüssigen Ammoniaks in kleinem Massstabe wendet man einen der beiden, Fig. 20 und 21 abgebildeten Apparate an. Den Kolben *a* beschickt man mit einem innigen Gemenge von 5 Theilen fein gepulvertem Salmiak und 4 Theilen Aetzkalk, welcher vorher mit der nöthigen Menge Wasser gelöscht und gesiebt worden ist, setzt dann so viel Wasser hinzu, dass die Masse Klumpen bildet, und setzt den Apparat übrigens so zusammen, wie es die Abbildungen zeigen. In der Woulff'schen Flasche oder in der Kugelvorlage *c* befindet sich etwas Kalkmilch. Das aus dem Waschgefäss abgehende Rohr leitet man in das Wasser, das in flüssiges Ammoniak übergeführt werden soll. Der Kolben befindet sich in einem Sandbad. Nach beendigter Gasentwickelung bleibt in dem

Kolben ein Gemenge von basischem Chlorcalcium mit Kalksilicat. Bei der fabrikmässigen Bereitung von flüssigem Ammoniak wendet man zur Zersetzung des Salmiaks des Kalkhydrats gusseiserne Gefässe an.

Man hat auch vorgeschlagen, das bei der Gasfabrikation aus Stein-

Fig. 20.

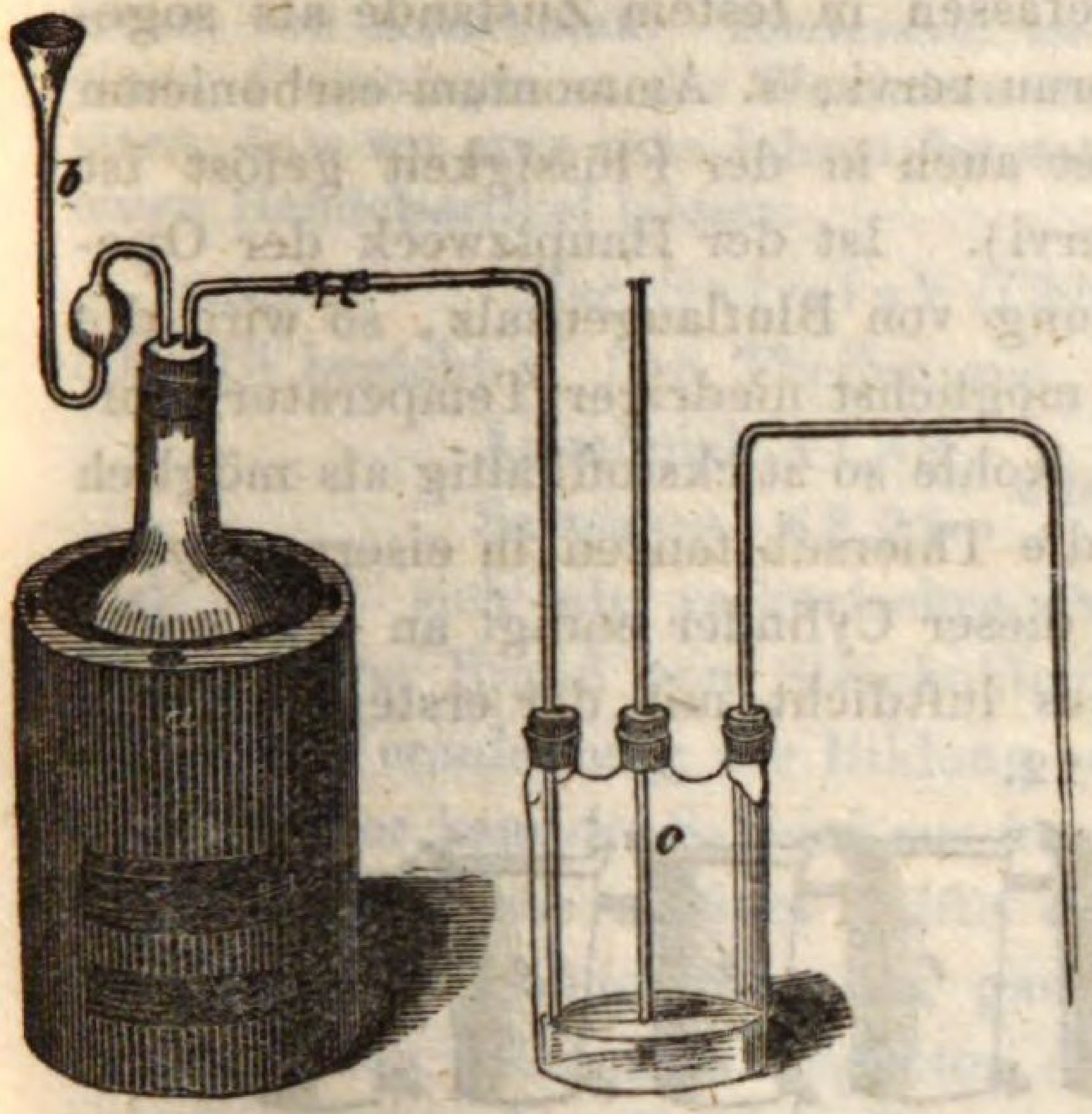
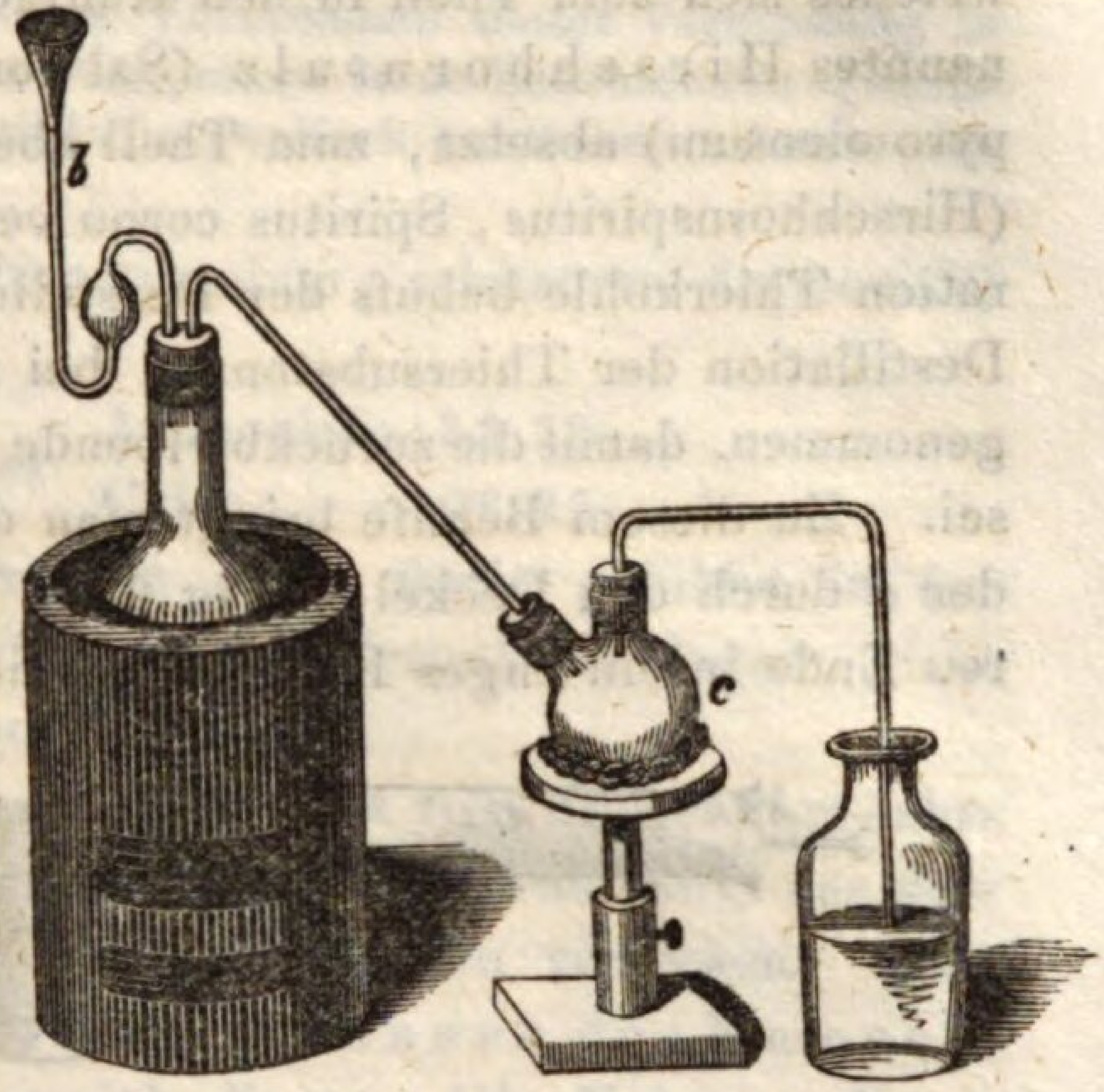



Fig. 21.




kohlen sich entwickelnde Ammoniakgas zur Bereitung des flüssigen Ammoniaks zu benutzen: Die bei dieser Fabrikation erhaltenen Condensationswässer enthalten neben anderen Producten kohlensaures Ammoniak und Schwefelammonium; indem man diese Wässer mit gelöschtem Kalk destillirt, entwickelt sich Ammoniak und es bleiben kohlensaurer Kalk und Schwefelcalcium zurück.

Auch die Destillation des Guano mit Kalkhydrat ist zur Darstellung von Ammoniakgas im Grossen empfohlen worden. Allerdings bietet der Guano immer noch eine der wohlfeilsten Ammoniakquellen, da bei dieser Ammoniak darstellung nicht nur die in dem Guano enthaltenen Ammoniaksalze, sondern auch die Harnsäure darin, der Harnstoff etc. Ammoniak liefern. Das so erhaltene Ammoniak enthält jedoch immer Ammoniakblasen (Methylamin, Propylamin etc.) beigemengt.

Zu verschiedenen technischen Zwecken, wie z. B. bei der Bereitung der Orseille, bei der Herstellung der Urinküpe, ist ein unreines flüssiges Ammoniak, wie man es durch Faulen von Harn erhält, genügend.

Kohlensaures Ammoniak. Die Verbindung des Ammoniaks mit der Kohlensäure, die in der Technik Anwendung findet, ist das anderthalb kohlensaure Ammoniak oder Ammoniaksesquicarbonat. Man erhält es in unreinem Zustande

1) durch Fäulniss stickstoffhaltiger Thiersubstanzen,
2) durch trockne Destillation derselben,
3) als Nebenproduct bei der Gasbereitung.

Wenn stickstoffhaltige organische Körper faulen, so entwickelt sich stets kohlensaures Ammoniak. So z. B. in grösserer Menge beim Faulen des Harns, dessen Harnstoff sich durch Fäulniss in kohlensaures

Ammoniak verwandelt. Der gefaulte Harn wird entweder für sich benutzt, so unter Anderm zum Entschweissen der Wolle, zum Entfetten des Tuchs, in der Alaunfabrikation, oder der Destillation unterworfen.

Bei der trocknen Destillation von Thiersubstanzen, wie Knochen, Thierhäute, Fleisch, Horn etc., erhält man kohlensaures Ammoniak, welches sich zum Theil in den Kühlgefässen in festem Zustande als sogenanntes Hirschhornsalz (Sal cornu cervi, s. Ammonium carbonicum pyro-oleosum) absetzt, zum Theil aber auch in der Flüssigkeit gelöst ist (Hirschhornspiritus, Spiritus cornu cervi). Ist der Hauptzweck der Operation Thierkohle behufs der Darstellung von Blutlaugensalz, so wird die Destillation der Thiersubstanzen bei möglichst niedriger Temperatur vorgenommen, damit die zurückbleibende Kohle so stickstoffhaltig als möglich sei. Zu diesem Behufe bringt man die Thiersubstanzen in eiserne Cylinder *a* durch den Deckel *b* (Fig 22); dieser Cylinder endigt an dem anderen Ende in ein enges Rohr *c*, welches luftdicht mit der ersten Tonne *d*

Fig. 22.




verbunden ist; die Tonne *d* steht durch ein Rohr mit einer zweiten *e*, diese mit einer dritten u. s. f. in Verbindung. Wird der Cylinder, der über einem geeigneten Feuerungsraum eingemauert ist, erhitzt, so condensiren sich in der ersten Tonne wässeriges Ammoniak und eine ölartige, dickliche, schwarzbraune Flüssigkeit (thierisches Oel, Hirschhornöl), in der zweiten ausser diesen Substanzen noch festes kohlensaures Ammoniak, das nach beendigter Destillation aus den Fässern entfernt wird. Das so erhaltene kohlensaure Ammoniak ist mit thierischem Oel imprägnirt, von welchem es durch Auflösen in Wasser, Filtriren durch Thierkohle, Abdampfen und nochmalige Sublimation befreit werden kann. Man kann das kohlensaure Ammoniak auch durch Sublimation mit Thierkohle reinigen.

Vollkommen reines kohlensaures Ammoniak erhält man durch Sublimation eines Gemenges von 1 Theil Salmiak mit 3 Theilen Kreide:

| | | |
|---|---|---|
| Salmiak 3 $NH_4$ Cl<br>Kreide 4 CaO, $CO_2$ | geben | Kohlensaures Ammoniak 2 $NH_4$ O, 3 $CO_2$<br>Chlorcalcium 3 Ca Cl<br>Ammoniak $NH_4$ O. |

Das kohlensaure Ammoniak bildet eine weisse krystallinische Masse, die stark nach Ammoniak riecht, an der Luft reines Ammoniak abgiebt und dadurch in zweifach kohlensaures Ammoniak übergeht. Seines stechenden Geruchs wegen führt es den Namen Riechsalz. Das unreine kohlensaure Ammoniak ist das Rohmaterial zur Herstellung der übrigen Ammoniaksalze; man verwendet es ferner eben so, wie das unreine Aetzammoniak, als Fleckwasser, zum Lösen von Fett, zum Extrahiren

von Kupfer aus seinen Erzen, zum Ausziehen von Flechtenfarbstoffen in der Fabrikation von Orseille u. s. w. Das reine kohlensaure Ammoniak findet in der Heilkunde Anwendung und dient ausserdem in der Zucker- und Lebkuchenbäckerei zum Auftreiben des Teiges.

Das zweifach kohlensaure Ammoniak $NH_4 O, HO, 2 CO_2$ bildet sich, wie erwähnt, aus dem anderthalb kohlensauren Ammoniak durch Austreten von Ammoniak. Interessant ist das Vorkommen dieser Verbindung in einem Guanolager an der Westküste von Patagonien in so bedeutenden Quantitäten, dass vor etwa zehn Jahren das natürliche zweifach kohlensaure Ammoniak einen Handelsartikel bildete.

Salmiak. Der Salmiak (Chlorammonium, salzsaures Ammoniak) $NH_4 Cl$ besteht in 100 Theilen aus

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ammoniak | 31,83 | oder | Ammonium | 33,75 |
| Salzsäure | 68,22 | | Chlor | 66,25 |

und findet sich als vulkanisches Product schon fertig gebildet in der Natur. Der Brand von Steinkohlenflötzen und Braunkohlenlagern giebt ebenfalls Veranlassung zur Bildung von Salmiak.

Früher kam der Salmiak aus Aegypten, welches vom dreizehnten Jahrhundert an bis zur zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts das ausschliessliche Privilegium besass, ganz Europa damit zu versorgen. Man bereitete den Salmiak in Aegypten durch Verbrennen des Kameelmistes, wo derselbe als Brennmaterial dient. Die Nahrung dieser Thiere besteht fast nur aus Salzpflanzen. Der Salmiak findet sich theils fertig gebildet in der Kameelgülle, theils und zwar hauptsächlich bildet er sich erst beim Verbrennen derselben aus den in den Excrementen enthaltenen stickstoffhaltigen Substanzen und den Chlormetallen (Chlornatrium, Chlorkalium). In dem beim Verbrennen des an der Sonne getrockneten Kameelmistes sich bildenden Russ ist der Salmiak enthalten; er wurde sorgfältig gesammelt und dann in besonderen Anstalten der Sublimation unterworfen.

In Europa begann man erst im achtzehnten Jahrhundert, Salmiak im Grossen darzustellen, indem die Gebrüder Gravenhorst die erste Salmiakfabrik im Jahre 1759 in Braunschweig anlegten.

Heutzutage stellt man den Salmiak dar

1) aus Ammoniak, ätzendem oder kohlensaurem und Schwefelammonium, und Salzsäure;
2) aus schwefelsaurem Ammoniak und Kochsalz;
3) aus kohlensaurem Ammoniak und Kochsalz;

Salmiak durch Neutralisation von Ammoniak durch Salzsäure. Als ammoniakalische Flüssigkeit wendet man entweder das rohe Destillat von stickstoffhaltigen Thiersubstanzen, oder gefaulten Harn, oder endlich das ammoniakalische Condensationswasser der Steinkohlengasfabriken an.

Man setzt so viel Salzsäure hinzu, dass die Flüssigkeit deutlich sauer reagirt. Die in der Flüssigkeit enthaltene freie Säure wird durch Kalkmilch oder Kreide oder zweckmässiger durch Ammoniakwasser neutralisirt.

Aus den Abdampfpfannen kommt die Lauge in die Krystallisirbottiche, in welchen sich nach 8 bis 10 Tagen der Salmiak als ein unreines braunes, grobkörniges Salz ausgeschieden hat, das durch Sublimation gereinigt wird.

Das bei der trockenen Destillation der Steinkohlen sich bildende Ammoniak kann auch dadurch in Salmiak übergeführt werden, dass man das rohe Gas durch eine Lösung von Manganchlorür leitet, welches als Nebenproduct bei der Chlorgasfabrikation in grosser Menge gewonnen wird. Dadurch wird das Gas sowohl von der Kohlensäure als auch von dem Schwefelammonium befreit, indem unlösliches Schwefelmangan und kohlensaures Manganoxydul niedergeschlagen werden, während das Chlor mit dem Ammoniak zu Salmiak zusammentritt.

Der Salmiak — erhalten durch Neutralisation von Ammoniak mit Salzsäure — tritt ferner als Nebenproduct bei der Knochenleimfabrikation und bei gewisser Phosphordarstellung auf. Die Knochen werden zu diesem Behufe nach ihrer Entfettung durch Auskochen mit Wasser mittelst Salzsäure von dem phosphorsauren Kalke befreit, der sich in der Salzsäure langsam auflöst. Die zurückbleibende organische Knochensubstanz, der Knorpel, wird nach dem Auswaschen zur Knochenleimfabrikation verwendet. Den in der Salzsäure aufgelösten phosphorsauren Kalk fällt man mit rohem kohlensauren Ammoniak. In der Flüssigkeit bleibt Salmiak gelöst, welcher zu verkäuflichem Product verarbeitet wird. Nach G e n t e l e ist es weit vortheilhafter, den phosphorsauren Kalk aus der salzsauren Lösung mittelst Kalk zu fällen, wobei er weniger leicht durch kohlensauren Kalk verunreinigt wird, und dann erst kohlensaures Ammoniak durch die erhaltene Chlorcalciumlösung in Salmiak überzuführen. Der phosphorsaure Kalk wird auf Phosphor verarbeitet.

Endlich sei erwähnt, dass die H o h o f e n g a s e (vergl. Bd. I. p. 52) auch zur Darstellung von Salmiak vorgeschlagen worden sind. B u n s e n und P l a y f a i r nämlich fanden, dass die Gase der mit Steinkohlen betriebenen Hohöfen Ammoniak in solcher Menge enthalten, dass dessen Gegenwart besonders in den tieferen Theilen des Schachtes schon durch den Geruch zu erkennen ist. Die genannten Chemiker gelangten zu der Ueberzeugung, dass die Verwerthung des Ammoniaks auf die einfachste Weise ausgeführt werden könne, indem man die Gase durch einen mit Salzsäure versehenen Condensationsraum leitet. Aus dem Alfreton-Hohofen in England könnte man auf diese Weise täglich 2,44 Centner Salmiak als Nebenproduct, ohne erhebliche Kostenerhöhung des Betriebes und ohne die mindeste Störung des Processes gewinnen. Was die Bildung des Ammoniaks hierbei anbelangt, so hängt sie mit der später zu erwähnenden Cyanbildung im Hohofen zusammen.

S a l m i a k a u s s c h w e f e l s a u r e m A m m o n i a k u n d K o c h s a l z kann theils auf nassem Wege, theils durch Sublimation dargestellt werden. Bringt man concentrirte Lösungen von schwefelsaurem Ammoniak und Kochsalz zusammen, so scheidet sich beim Ruhigstehen der Lauge Glaubersalz aus und in der Flüssigkeit bleibt Salmiak, nebst etwas Salz gelöst. Beim Abdampfen der Flüssigkeit erhält man in Krystallisirgefässen Salmiak mit Glaubersalz verunreinigt; man spült die Krystalle mit Wasser ab und reinigt sie durch Umkrystallisiren oder durch Sublimiren.

Man kann das schwefelsaure Ammoniak durch Kochsalz auch a u f t r o c k n e m W e g e in Salmiak verwandeln, indem man ein trockenes Gemenge beider Körper der Sublimation unterwirft. Das Glaubersalz bleibt dabei am Boden des Sublimirgefässes zurück. Um eine vollstän-

dige Zersetzung zu erzielen, ist es nothwendig, dass das Kochsalz in dem Gemenge im Ueberschuss enthalten sei.

Salmiak aus kohlensaurem Ammoniak durch Kochsalz, Mutterlauge etc. Wenn eine concentrirte Kochsalzlösung, die Ammoniak enthält, mit Kohlensäure gesättigt wird, so bilden sich Salmiak und zweifach kohlensaures Natron. Auf dieses Verhalten hat bekanntlich Schloesing eine Methode der Sodafabrikation begründet, bei welcher man entweder den Salmiak als Nebenprodukt gewinnt oder denselben sofort wieder in kohlensaures Ammoniak überführt, welches zum Fällen neuer Mengen von Kochsalz dient.

Wo die Oertlichkeit es gestattet, wendet man die Mutterlaugen von Salzsoolen, vom Meerwasser, welche reich sind an Chlormagnesium und Chlorcalcium, zur Darstellung von Salmiak an, indem man diese Flüssigkeiten mit kohlensaurem Ammoniak fällt.

Dass man durch Verbrennen von Steinkohlen, welche mit derartigen Chlormagnesium und Chlornatrium haltigen Salzlösungen imprägnirt wurden, Salmiak erhalten und unter den Verbrennungsgasen allen Stickstoff der Steinkohle (=0,75 pCt) in Gestalt von Salmiak wiederfinden wird, der durch Leiten des Rauches durch Condensationsräume leicht gewonnen werden kann, liegt auf der Hand.

Auch bei der Gasfabrikation aus Steinkohlen lässt sich der Stickstoff sofort als Salmiak erhalten, wenn man in die Gasretorten mit den Steinkohlen Kochsalz, Manganchlorür oder ähnliche Chlormetalle bringt.

Die Sublimation des Salmiaks geschieht in gusseisernen runden Kesseln mit flachem Boden. Nachdem der Salmiak in den Kessel eingetragen worden ist, beginnt man den Kessel vorsichtig zu erwärmen. Darauf legt man auf den Rand des Kessels einen Ring aus Lehm und drückt in diesen eine flache Haube aus Blei ein, deren obere Oeffnung mit einem eisernen Stabe lose verschlossen ist. Anstatt der Haube wendet man auch gusseiserne Deckel von der Gestalt eines flachen Uhrglases an. Die Eisenstange wird während der Operation von Zeit zu Zeit herausgezogen, um den nicht verdichteten Dämpfen Ausgang zu gestatten. Allmälig verstärkt man das Feuer. Wenn der sublimirte Kuchen eine Dicke von 2 bis 4 Zollen erreicht hat, unterbricht man die Sublimation, entfernt die erhärtete Masse aus dem Deckel oder der Haube und befreit sie mittelst eines Hobels von anhängenden Unreinigkeiten. Der in den Kesseln bleibende Rückstand besteht aus Glaubersalz, Salmiak und Eisenchlorid, welcher auf beide erstere Substanzen verarbeitet wird.

Der Salmiak kommt in den Handel entweder in Broden, als sublimirter Salmiak in Gestalt meniskenähnlicher, 2—5 Zoll dicker Scheiben, welche weiss und durchscheinend, fettglänzend, klingend und aus parallelen faserigen und splitterigen Schichten gebildet sind; oder in Zuckerhutform, als krystallisirter Salmiak, den man dadurch erhält, dass man den durch Umkrystallisiren gereinigten und farblosen Salmiak mit siedend gesättigter Lösung zu einem dicken Brei anrührt und diesen dann in Zuckerhutformen aus Steinzeug oder glasirtem Eisen stampft, nach dem Abtropfen

der Lauge aus der Form entfernt und die Brode nach dem vollständigen Trocknen in blaues Papier gepackt in den Handel bringt.

Man verwendet den Salmiak bei dem Verzinnen und Verzinken des Kupfers, Eisens und Messings, so wie beim Löthen. Ausserdem dient derselbe in dem Kattundruck, der Farbenfabrikation und bei der Platingewinnung und Fabrikation des Platinschwammes, zur Herstellung von Eisenkitt und Salmiakgeist.

Schwefelsaures Ammoniak. Das schwefelsaure Ammoniak $NH_4O, SO_3$ findet sich in kleiner Menge in vulkanischen Gegenden als Mascagnin. Man gewinnt es, wie schon bei dem Salmiak erwähnt, durch Neutralisation von kohlensaurem Ammoniak, gleichviel welchen Ursprungs, mit Schwefelsäure, oder durch Zersetzen desselben mit Gyps oder Eisenvitriol. Es wird durch Abdampfen und Krystallisirenlassen der Lösung gewonnen. Die Krystalle schmelzen bei 140° und zersetzen sich bei höherer Temperatur. Man benutzt es zur Darstellung von Salmiak, Salmiakgeist, so wie zur Fabrikation von Ammoniakalaun.

Das salpetersaure Ammoniak (Gefriersalz), durch Neutralisation von kohlensaurem Ammoniak mit verdünnter Salpetersäure und Abdampfen der Lösung zur Krystallisation erhalten, erzeugt beim Auflösen in Wasser eine derartige Temperaturerniedrigung, dass man es in neuerer Zeit zur Herstellung von Eis in den Glacièren angewendet hat.

## Das Glas.

Glas. Das Glas ist ein durch Schmelzen erhaltenes amorphes Gemenge verschiedener kieselsaurer Salze, in welchem kieselsaures Alkali und kieselsaurer Kalk die Hauptbestandtheile ausmachen. Die Erfindung des Glases verliert sich in die urälteste Geschichte. Gewöhnlich wird sie zwar den Phöniziern zugeschrieben, indem Plinius erzählt, dass Kaufleute dieser Nation an dem sandigen Ufer des Flusses Belus landeten, und ihre Kochgeschirre auf Sodastücke stellten. Sie bemerkten bald, das letztere mit dem Sand des Bodens zu Glas zusammengeschmolzen waren. Diese Erzählung verdient indessen keine Glaubwürdigkeit, da die Bildung des Glases auf diese Weise unwahrscheinlich erscheint, ferner bereits Gefässe von farblosem und gefärbtem Glase in ägyptischen Bauwerken gefunden wurden, die weit älter sind, als die Periode, in welcher die Glasfabrikation bei den Phöniziern bekannt wurde. —

Hinsichtlich der Zusammensetzung unterscheidet man 1) bleifreies Glas, 2) bleihaltiges Glas, und hinsichtlich der Verarbeitung: 1) Hohlglas, 2) Tafelglas, 3) gegossenes Glas.

Vom bleifreien Glase unterscheidet man:

1) Spiegelglas und weisses Hohlglas; zu Spiegeln, Spiegelscheiben, Trinkgläsern, Glasröhren etc., auch zu optischen Zwecken als Crownglas;

2) Fensterglas und Medicinglas (weises, halbweises, grünes);
3) Bouteillenglas.

Vom bleihaltigen Glase unterscheidet man:

1) Krystallglas (Klingglas); zu Hohlglas und geschliffenen Gegenständen;
2) Flintglas; zu optischen Zwecken (ist reicher an Bleioxyd als das Krystallglas und enthält zuweilen ausser der Kieselsäure, Borsäure);
3) Strass und Email; der Strass als Masse zu künstlichen Edelsteinen; das Email als Ueberzug.

Rohmaterialien. Die Rohmaterialien zur Glasmasse sind Kieselerde, Kali, Natron, Kalk, Entfärbungsmittel (Braunstein, arsenige Säure, Salpeter, Mennige), Bleioxyd.

Kieselerde. Die Kieselerde oder Kieselsäure ($SiO_3$), die sich in der Natur in grosser Menge ziemlich rein als Sand aus Quarz, und mit Basen verbunden in vielen Mineralien, den Silicaten, z. B. dem Feldspath in grosser Menge findet, wird zur Glasfabrikation meist als Sand, selten als Quarz oder Feuerstein angewendet. Der angewendete Sand muss zu den bessern Sorten möglichst eisenfrei sein; das Eisen, das gewöhnlich nur auf der Oberfläche der vollkommen reinen Quarzkrystalle befindlich ist, wird entweder durch einfaches Waschen, oder besser noch durch Digestion mit Salzsäure entfernt. Vor der Anwendung pflegt man den Sand auszuglühen, damit er mürbe werde und leichter schmelze. Zum Bouteillenglase setzt man nicht selten Mergel und Lehm, welche ausser der Kieselerde auch noch beträchtliche Mengen von Thonerde in die Glasmasse bringen. Als theilweise Ersatzmittel für Kieselsäure setzt man für gewisse Glassorten dem Satze Borsäure oder natürlich vorkommenden borsauren Kalk zu. Kali und Natron. Kali und Natron werden gewöhnlich in Form von Potasche oder Soda angewendet. Soda wird jetzt stets dem Kali vorgezogen, da das Natron eine grössere Sättigungscapacität besitzt, 10 Th. kohlensaures Natron entsprechen 13 Th. kohlensaurem Kali. In der neueren Zeit wendet man Kali und Natron, besonders das letztere in Form von schwefelsaurem Salze (als schwefelsaures Kali und als Glaubersalz) an und setzt dann zu der Kieselerde und dem Glaubersalze so viel Kohle, dass die Schwefelsäure des Glaubersalzes zu schwefliger Säure reducirt, und die Kohle zu Kohlenoxydgas oxydirt werde. Das entstandene schwefligsaure Natron wird dann leicht von der Kieselsäure zersetzt, während schweflige Säure entweicht. Sehen wir von allen Gewichtsverhältnissen ab (man benutzt auf 100 Th. Glaubersalz 8—9 Th. Kohle), so lässt sich der Vorgang bei der Anwendung des Glaubersalzes zur Glasfabrikation durch folgendes Schema erläutern:

| | | |
|---|---|---|
| 1) 1 Aeq. Glaubersalz ($NaO, SO_3$), 1 Aeq. Kohle (C) | geben | 1 Aeq. schwefligsaures Natron ($NaO, SO_2$), 1 Aeq. Kohlenoxyd (CO). |

2) Kieselerde und schwefligsaures Natron ($NaO$, $SO_2$) geben kieselsaures Natron und schweflige Säure.

Die Anwendung des Kochsalzes zur Glasfabrikation hat sich nicht bewährt.

Kalk. Der zur Glasfabrikation angewendete Kalk muss möglichst eisenfrei sein. Der Kalkstein wird im rohen Zustande, d. h. ohne ihn vorher zu brennen oder zu pulvern, zur Glasmasse gesetzt. In einigen böhmischen Fabriken wendet man sogleich Wollastonit (kieselsauren Kalk $= 3\ CaO,\ 2\ SiO_3$) an. Anstatt des Kalkes kann man auch zu der Glasmasse Baryt oder Strontion setzen.

Bleioxyd. Das Bleioxyd wird in den meisten Fällen in Gestalt von Mennige ($Ph_3\ O_4$) angewendet, welche, indem sie einen Theil ihres Sauerstoffs abgiebt und zu Bleioxyd reducirt wird, reinigend auf die Glasmasse einwirkt. Das in der Natur vorkommende Schwefelblei, der Bleiglanz ($PhS$) lässt sich zur Darstellung eines bleihaltigen Glases anwenden, wenn zugleich schwefelsaures Alkali, wie Glaubersalz, vorhanden ist. Die gegenseitige Zersetzung beider Verbindungen wird durch folgendes Schema erklärt:

$$\left.\begin{array}{l}3\text{ Aeq. Glaubersalz}\\ \quad(3\,NaO, SO_3),\\ 1\text{ Aeq. Bleiglanz }(PbS)\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}3\text{ Aeq. Natron }(3\,NaO),\\ 4\text{ Aeq. schweflige Säure }(4\,SO_3),\\ 1\text{ Aeq. Bleioxyd }(PbO).\end{array}\right.$$

Zur Herstellung gewisser Gläser wendet man auch Zinkoxyd und Wismuthoxyd an.

Entfärbungsmittel. Zu farblosen Gläsern bedient man sich als Zusatz zur Glasmasse gewisser Entfärbungsmittel, welche durch Sauerstoffabgabe wirken. Die Färbung der Glasmasse rührt entweder her von Eisenoxydul, oder sie rührt her von zufällig in die Masse gekommenen organischen Theilen, von Kohle. Im erstern Falle soll durch das Entfärbungsmittel das Eisenoxydul zu Eisenoxyd oxydirt werden, welches bei äquivalenter Menge viel weniger als das Oxydul färbt, im zweiten will man die Kohle entfernen, indem man dieselbe zu Kohlenoxyd oder Kohlensäure oxydirt. Solche Enträrbungsmittel sind Salpeter, arsenige Säure, Braunstein und die schon erwähnte Mennige. Die Theorie der Entfärbung mag durch folgende Beispiele erläutert werden:

Man hat ein eisenoxydulhaltiges Glas durch arsenige Säure zu entfärben, so sind

$$\left.\begin{array}{c}6\text{ Aeq. Eisenoxydul }(6\,FeO)\\ \text{und}\\ 1\text{ Aeq. arsenige Säure }(AsO_3)\end{array}\right\}=\left\{\begin{array}{c}3\text{ Aeq. Eisenoxyd }(3\,Fe_2\,O_3)\\ \text{und}\\ 1\text{ Aeq. Arsenik }(As).\end{array}\right.$$

Es sei ferner ein kohlehaltiges Glas durch Salpeter zu entfärben, so sind

$$\left.\begin{array}{c}1\text{ Aeq. Salpeter }(KO, NO_5)\\ \text{und}\\ 5\text{ Aeq. Kohle }(5\,C)\end{array}\right\}=\left\{\begin{array}{l}5\text{ Aeq. Kohlenoxyd }(5\,CO),\\ 1\text{ Aeq. Stickstoffgas }(N),\\ 1\text{ Aeq. Kali }(KO).\end{array}\right.$$

In dem ersten Beispiele verflüchtigt sich das Arsenik und in dem dritten entsteht kieselsaures Kali. Die Entfärbung von Glasflüssen, die durch Eisenoxydul eine grüne Farbe haben, durch Braunstein, hat man früher so erklärt, dass man annahm, der Braunstein verwandele das Eisenoxydul in Eisenoxyd, das weniger stark färbe, als das Oxydul. Es ist aber in der neueren Zeit darauf hingewiesen worden, dass die Entfärbung in diesem Falle auf Farbenergänzung beruhe und dass die rosenrothe Farbe des kieselsauren Manganoxyduls, welches sich bei der Anwendung des Braunsteins zum Glasentfärben bildet, die grüne des Eisenoxyduls aufhebe. Das durch Braunstein entfärbte Glas nimmt am Tageslicht, noch mehr im Sonnenschein, nach und nach eine violette Färbung an. — Mennige ist als Entfärbungsmittel nur dann anwendbar, wenn ein bleihaltiges Glas erzeugt werden soll.

Andere bei der Glasfabrikation angewendete Substanzen sind Thonerde, natürliche Silicate wie Feldspath, Pechstein, Basalt, Lava u. s. w. und Glasbruch. Die Thonerde wendet man vorzugsweise bei ordinärem Glase an, bei welchem der Preis durch eine kleine Menge von Alkali erniedrigt werden soll. Auch manche Hohofenschlacken können bei der Glasfabrikation benutzt werden.

Allgemeine Eigenschaften des Glases.

Durchsichtigkeit und chemische Beständigkeit sind die Haupteigenschaften des Glases; durch sie allein hat es im praktischen Leben wie in der Wissenschaft eine so hohe Bedeutung erlangt. Als Schattenseite ist die von dem Glase unzertrennliche Zerbrechlichkeit und Sprödigkeit zu betrachten.

Die Wahl der Materialien bedingt selbstverständlich der Charakter und die Natur des Glases. Das Glas, obgleich spröde, ist innerhalb gewisser Grenzen elastisch; ein gut gekühlter Glasfaden lässt sich, ohne zu zerbrechen, verspinnen oder zu einem Ringe biegen. Es ist ferner im Allgemeinen klingend. Bleifreie Gläser und besonders gewisse in Böhmen gefertigte Sorten sind so hart, dass sie am Stahle Feuer geben; bleihaltige Gläser sind bei weitem nicht so hart; die Härte derselben ist umgekehrt dem Bleioxydgehalt proportional. Jedes Glas ist mehr oder minder schmelzbar, natronhaltige Gläser sind schmelzbarer und härter, als kalihaltige. Zu den Verbrennungsröhren bei der Elementaranalyse dient das strengflüssige böhmische Kaliglas, zur Bearbeitung vor der Glasbläserlampe das leichtflüssige französische Natronglas. Das Bleiglas ist noch leichter schmelzbar als das Natronglas. Durch rasches Abkühlen wird das Glas

Glastropfen.

sehr spröde und zeigt dann Eigenthümlichkeiten, die wir an den Glastropfen und an den Bologneser Fläschchen beobachten. Die Glastropfen oder Glasthränen (Larmes hataviques) sind Tropfen von geschmolzenem Glas, die man durch Fallenlassen in kaltes Wasser hastig abgekühlt hat. Bricht man die äussere Spitze ab, so verwandelt sich die ganze Masse des Glases mit einigem Geräusch in ein Pul-

Bologneser Fläschchen.

ver. Aehnlich ist der Versuch mit den Bologneser

Fläschchen, welche sogleich zerspringen, wenn man irgend ein hartes Steinsplitterchen in dieselben fallen lässt. In beiden Fällen sind die innen befindlichen Moleküle durch das rasche Erkalten der äussern zusammengepresst, eine geringe Verletzung der Oberfläche ist schon hinreichend, die Spannung aufzuheben und die inneren Moleküle zu befreien. — Wenn Glas längere Zeit in einem Tiegel in Sand, Gyps oder Asche eingegraben, geglüht wird, so verliert es einen Theil seines Alkalis und die Durchsichtigkeit, und nimmt ein strahliges Gefüge und ein porcellanähnliches Ansehen an. Den Vorgang nennt man das Entglasen und das Product Reaumur'sches Glas oder Porcellan. Das Entglasen findet am schnellsten bei erdehaltigen Gläsern, am schwierigsten bei Bleigläsern statt. Das Entglasen selbst wird erklärt, dass durch wiederholtes Glühen eines Glases sich die Kieselerde desselben in die Basen theilt und bestimmte Verbindungen bildet, die sich krystallinisch abscheiden. Durch das Entglasen wird das Glas hart, schwieriger schmelzbar und erträgt schnellen Temperaturwechsel, ohne zu zerspringen. Wenn es gelingen sollte, die Entglasung des Glases zu reguliren, so wäre es wahrscheinlich, dass zu vielen Zwecken das Porcellan verdrängt werden würde, da gewisse Glasgeräthe viel leichter geblasen als ähnliche Porcellangefässe geformt werden können.

Reaumur'sches Glas.

Fernere allgemeine Eigenschaften des Glases.

Der Glanz des Glases ist ausserordentlich verschieden; er steht in Beziehung zu den Aequivalenten der Basen des Glases, zum specifischen Gewichte, zur Schmelzbarkeit und zum Lichtbrechungsvermögen. Letztere Eigenschaft des Glases und Dichtigkeit und Härte sind von einander in der Weise abhängig, dass in dem Verhältnisse, als die Härte abnimmt, die beiden andern zunehmen. Das specifische Gewicht eines Glases hängt von der Zusammensetzung ab, Bleigläser sind am schwersten, während die Natron- und Kaligläser das geringste specifische Gewicht haben. Nach Payen ist das specifische Gewicht

| | |
|---|---|
| des Flintglases . . . . | 3,3—3,6 |
| des Bouteillenglases . . | 2,732 |
| des Fensterglases . . . | 2,642 |
| des böhmischen Kaliglases . | 2,396. |

Je härter und schwerer schmelzbar ein Glas ist, desto weniger wird es von chemischen Agentien angegriffen; von Fluorwasserstoffsäure wird begreiflicherweise ein jedes Glas zerstört. Während einige Glassorten schon von siedendem destillirten Wasser und von schwachen alkalischen und säurehaltigen Flüssigkeiten wie z. B. von Wein angegriffen werden, bemerkt man bei vielen selbst durch längere Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure keine Veränderung. Durch öfteres Sieden mit dieser Säure wird aber selbst ein hartes Glas allmälig zerstört, wie wir an den Glasretorten, die man in einigen Fabriken zur Concentration der Schwefelsäure benutzt, wahrnehmen können.

Für die Darstellung und Verarbeitung des Glases ist sein Verhalten im Feuer sehr wichtig. Bei der höchsten Temperatur der Glasöfen hat das Glas die dünnflüssige Beschaffenheit des gewöhnlichen Zuckersyrups. Auf dieser Eigenschaft beruht die Läuterung des Glases, weil nur sie es möglich macht, dass alle Luft- und Gasblasen auf der Oberfläche sich ansammeln, alle in der Masse vertheilten Unreinigkeiten sich zu Boden setzen; auf ihr beruht ferner die Möglichkeit des Giessens der Glasmasse. In der Rothglühhitze ist das Glas eine äusserst dehnbare, zähflüssige Masse, die sich fast so dünn wie Seifenblasen auftreiben lässt. In diesem Zustande lassen sich zwei Stücke Glas durch blosses Aneinanderdrücken zu einem einzigen vereinigen. Es ist leicht einzusehen, dass ohne die genannten Eigenschaften die mechanische Verarbeitung des Glases unmöglich sein würde.

Zusammensetzung des Glassatzes. Das zur Anfertigung einer bestimmten Glassorte bestimmte Gemenge von Rohmaterial heisst der Glassatz. Wenn man zur Darstellung des Glases reine Materialien anwendet, so erhält man farbloses Glas; der Sauerstoff der Basen verhält sich in den besten Glassorten zu dem der Kieselsäure wie 1 : 4. Das französische Fensterglas wird angefertigt aus 100 Th. Sand, 35—40 Th. Kreide, 30—35 Th. calcinirter Soda und 180 Th. Glasbruch; das sächsische vermittelst Glaubersalz aus 50 Th. Quarz, 25 Th. schwefelsaurem Natron, 2 Th. Kohle und $5\frac{1}{2}$ Th. Kalk. Die Zusammensetzung des Fensterglases lässt sich durch die allgemeine Formel:

$$3\ RO,\ 4\ SiO_3$$

wiedergeben, in welcher RO hauptsächlich Natron und Kalk, seltener Kali bedeutet. Englisches Krystallglas aus 120 Th. weissem Sand, 40 Th. Potasche, 35 Th. Bleiglätte oder Mennige und 12 Th. Salpeter. Ordinäres Bouteillenglas fand man zusammengesetzt aus 45,6 Th. Kieselerde, 14,0 Th. Thonerde, 6,2 Th. Eisenoxyd, 28,1 Th. Kalk und 6,1 Th. Kali. Die Zusammensetzung des ordinären Bouteillenglases lässt sich durch folgende Formel ausdrücken:

$$3\ (CaO,\ KO,\ NaO),\ 4\ SiO_3 + (Al_2\ O_3,\ Fe_2\ O_3),\ SiO_3.$$

Böhmisches Glas besteht aus 100 Th. Quarz, 10 Th. Kalk und 30 Th. Potasche. Zu Crownglas für optische Zwecke wendet man an 400 Th. Sand, 160 Th. Potasche, 20 Th. Borax, 20 Th. Mennige, 1 Th. Braunstein, oder 31 Th. Quarz, 22 Th. Potasche, 6 Th. Kalk, 2 Th. Salpeter, $\frac{1}{2}$ Th. Arsenik, $\frac{1}{10}$ Th. Braunstein, $\frac{1}{32}$ Smalte. Die Analyse von ausgezeichnetem englischen Crownglase führte zu der Formel:

$$(3\ KO,\ 5\ SiO_3 + 3\ CaO,\ 5\ SiO_3).$$

Schmelzen des Satzes. Früher pflegte man den Glassatz vor dem Schmelzen in einem besonderen Ofen, dem Frittofen, bis zum Zusammensintern zu erhitzen und die zusammengesinterte Masse erst in die Schmelzgefässe zu bringen. Man nannte diese Operation das Fritten. Jetzt begnügt man sich, die vorher gewogenen gemengten Materialien vor dem Schmelzen

durch Erhitzen zu trocknen und dann ohne Weiteres in die Schmelzgefässe, die Glashäfen einzutragen. Es ist nicht erforderlich, vorausgesetzt, dass die Kieselerde als Sand angewendet wird, die Materialien vorher zu pulvern. Man verschmilzt die Ingredienzien nie für sich, sondern immer mit einem Zusatze von etwa $^1/_3$ fertigen Glases oder Glasbrocken; durch diesen Zusatz wird der Fluss und die Bindung der Bestandtheile erleichtert. Die Glashäfen werden auf der Hütte selbst aus schwer schmelzbarem Thon und gepulverten Charmottestücken angefertigt; sie sind ungefähr 2 Fuss hoch und sind in den Wänden 3 Zoll stark. Diese Häfen werden zuerst lufttrocken gemacht, dann in erwärmter Luft getrocknet und endlich in einem Ofen bis zum Rothglühen erhitzt. Gewöhnlich haben diese Häfen die Form nachstehender Figur 23. Wenn mit Torf gefeuert wird, so giebt man den Häfen eine andere Form und versieht sie mit einem Halse, der in die Seitenmauern des Ofens führt (Fig. 24). Die in den Spiegelgiessereien angewendeten Schmelzgefässe sind viereckig und heissen Wannen. In dem Ofen, in welchem das Schmelzen vorgenommen wird, stehen in einem ovalen, überwölbten Schmelzraum gewöhnlich 3 Häfen neben einander auf einer Bank, ein Ofen fasst 6, 8—10 solcher Häfen. Der Ofen selbst ist aus feuerfestem Thone gebaut. Die Dauer des Ofens, die Campagne, ist je nach der Qualität des dargestellten Glases und der zum Schmelzen erforderlichen Temperatur verschieden, sie beträgt von $1^1/_2$—5 Jahre. Die Flamme des Brennmaterials wirkt wie in einem Flammofen und dient sowohl dazu, die Glasmasse in den Häfen zu schmelzen, als auch rohe Materialien auszutrocknen. Als Brennmaterial wendet man am besten Holz oder, wie es jetzt in einigen Fabriken geschieht, brennbare Gase aus Steinkohlen (Generatorgase), mit atmosphärischer Luft gemengt an. Nachdem die Glasmasse in den Häfen geschmolzen ist, sind zwar alle Theile des Satzes aufgelöst; die Glasmasse enthält aber kleine Blasen (Luftblasen und Kohlensäuregasblasen) in reichlicher Menge. Nach einiger Zeit scheidet sich an der Oberfläche derselben eine flüssige Schicht, die sogenannte Glasgalle ab, welche nach dem Erkalten eine schmutzigweisse, krystallinische Masse bildet. Sie besteht wesentlich aus schwefelsauren Salzen und Chlormetallen der Alkalien. Damit die Galle sich vollständig absondere, muss die Masse durch gesteigerte Temperatur möglichst dünnflüssig gemacht werden. Die auf der Oberfläche befindliche Galle wird mit einem Löffel abgeschöpft. Der Process des Abscheidens der Galle heist das Läutern. Ist nach beendigter Entfernung der Galle die Masse genügend rein, so wird durch Temperaturerniedrigung die Masse dickflüssig gemacht, und es kann zur

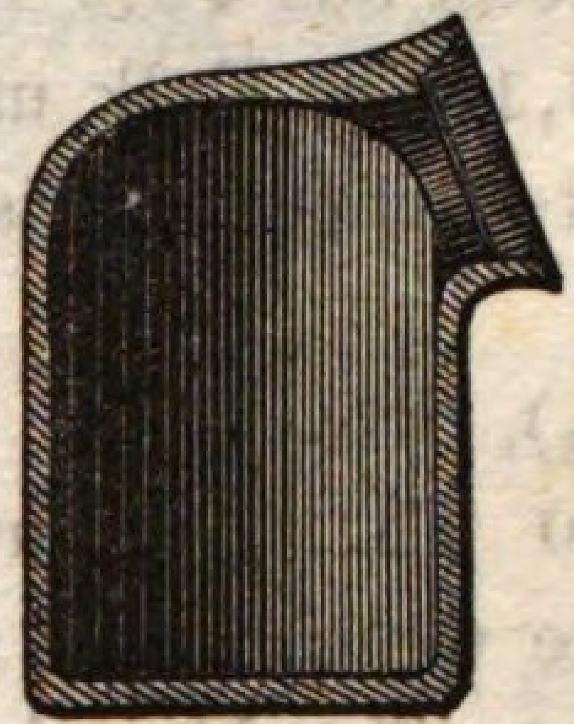
Glashäfen.

Schmelzen des Glases.

Fig. 23.



Fig. 24.



Glasgalle.

Verarbeitung derselben geschritten werden. Die Temperaturerniedrigung wird das Kaltschüren oder Ablassen, die zur Läuterung nothwendige Temperaturerhöhung das Heissschüren genannt.

Verarbeitung des Glases.

Von den vielen Gegenständen, zu welchen das Glas verarbeitet wird, führen wir hier an Flaschen und Retorten, Glasröhren, Fensterglas und Spiegelglas. Zur mechanischen Verarbeitung des Glases ist die Pfeife (siehe Figur 25) das wichtigste Instrument; dieselbe besteht aus einem 4 — 5 Fuss langen eisernen Rohr, das ungefähr einen Zoll dick ist, 10—12 Pfund wiegt und nach der Mitte zu mit einer hölzernen Einfassung *c* versehen ist, um den Arbeiter vor dem Verbrennen zu schützen; *a* ist das Mundstück, *b* dient zum Anheften des Glases. Ausserdem bedarf der Bläser noch einiger Zangen, Scheeren und des Marbels, eines mit Höhlungen versehenen Stück Holzes (Figur 26). Der Arbeiter taucht die Spitze der Pfeife *b* in die Glasmasse und sucht durch Herumdrehen der Pfeife diejenige Menge der Masse an der Pfeife zu befestigen, die zur Herstellung des Glasgeräthes erforderlich ist. Bei grösseren Geräthen wird die Pfeife mehreremal eingetaucht; zwischen jedem Eintauchen wird die an der Spitze befindliche Glasmasse in den Höhlungen des Marbels herumgedreht, damit die Masse die zum Ausblasen geeignete Form annehme und etwas erkalte; anstatt in dem Marbel, sucht man auch durch aufgelegte feuchte Lappen die Masse abzukühlen. Um eine

Flaschen.

Flasche zu blasen, wird die an der Spitze der Pfeife sitzende Glasmasse vermittelst eines Eisens eingeengt, dass sie die Figur wie die der Zeichnung *a* (Fig. 27) zeigt, und darauf in dem Ofen an-

Fig. 25.




Fig. 27.

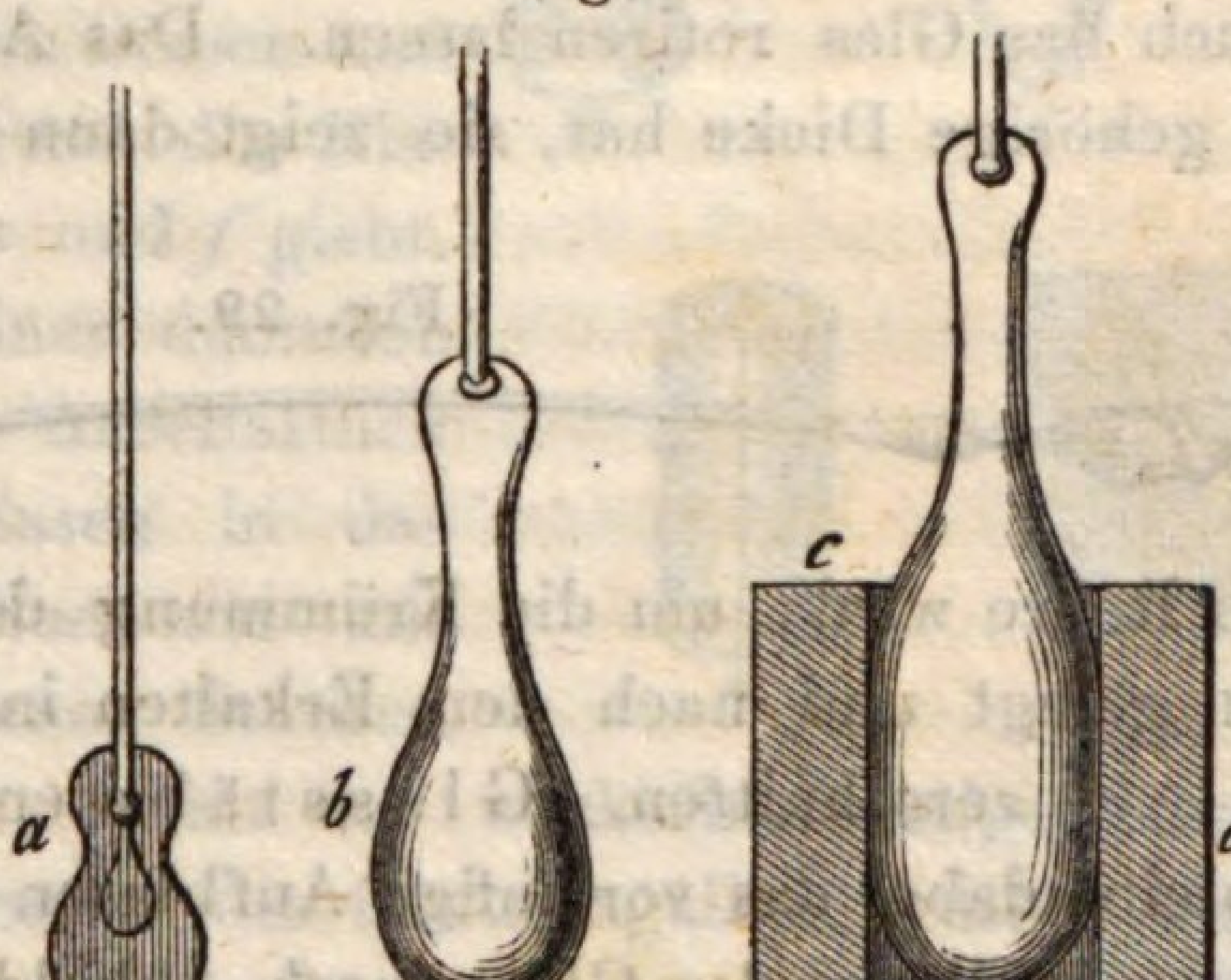
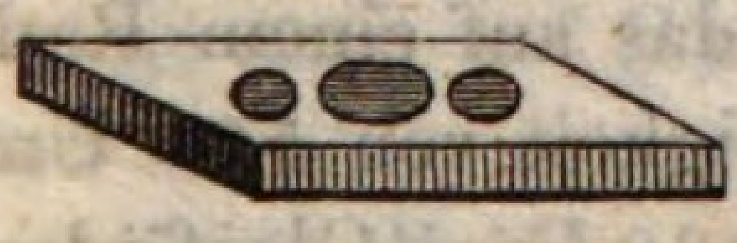



Fig. 26.



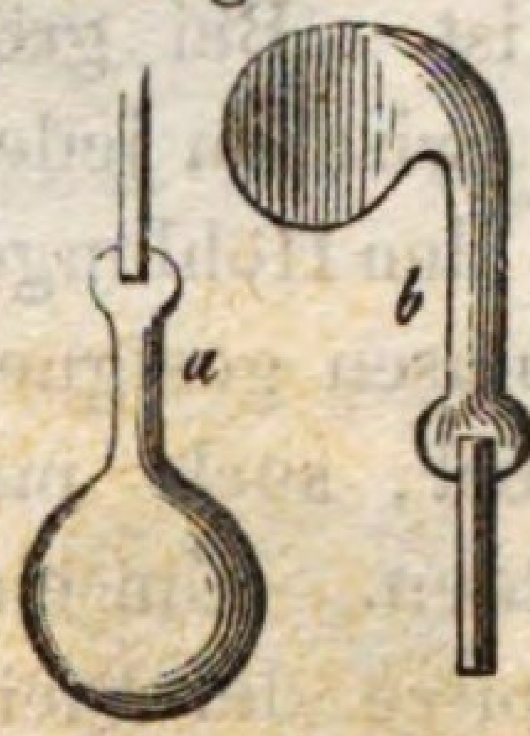



gewärmt. Nachdem dies geschehen, bläst der Arbeiter unter pendelartigem Schwingen Luft ein, wodurch der Bauch der ursprünglich birnförmigen Masse erweitert wird, welche durch Schwenken die birnförmige

Gestalt *b* erhält. Ist die erhaltene Form der einer Flasche ähnlich, so senkt man die aufgeblasene Masse in die hölzerne Form *c* ein und bläst kräftig. Die Flasche legt sich an die Wände der Form an. Um derselben die gebräuchliche Form des Bodens und der Mündung zu geben, wird abermals angewärmt, so dass nur der Boden glühend wird; während dieser Zeit erwärmt ein Gehülfe ein Eisen (das Nabeleisen), an dessen Spitze etwas Glasmasse befestigt ist. Unter gewissen Handgriffen drückt der Gehülfe sein Eisen auf den Mittelpunkt des Bodens gleichmässig einwärts (siehe *e*). Darauf wird die Pfeife von dem Halse abgesprengt, das gesprengte Ende ins Feuer gebracht und mit dem Ende eines ausgeschnittenen Blechs der Rand der Flasche umgelegt. Bei Weinflaschen wird etwas zähe Glasmasse um den Rand herum befestigt. Während der Bläser eine neue Flasche beginnt, bringt der Gehülfe die Flasche in den Kühlofen und trennt durch einen Schlag das Nabeleisen von der Flasche. — Aus dem Vorstehenden geht hervor, auf welche Weise ein Kolben geblasen wird; wenn der Bläser während des Aufblasens den Kolben über seinen Kopf erhebt, so senkt sich der bauchige Theil auf der einen Seite und bildet sich eine Retorte. Siehe *a* und *b* (Fig. 28).

Retorten.

Fig. 28.




Glasröhren. Zur Anfertigung von Glasröhren wird zuerst ein kleiner Glasballon mit der Pfeife geblasen, an welchen ein Gehülfe auf der der Pfeifenmündung entgegengesetzten Seite sein Hefteisen anheftet und sich, rückwärts schreitend, möglichst schnell entfernt. Bei einigermassen starken Röhren muss der Bläser während des Ausziehens fortwährend Luft einblasen, und die Pfeife und folglich auch das Glas rotiren lassen. Das Ausziehen hört auf, wenn die Röhre die gehörige Dicke hat, sie zeigt dann folgende Gestalt (Fig. 29).

Fig. 29.



Die fertige Röhre wird, um die Krümmung derselben auszugleichen, auf den Boden gelegt und nach dem Erkalten in 2 — 3 Ellen lange Stücke zerschnitten. Glasstäbe entstehen auf dieselbe Weise; nur unterbleibt dabei das vorläufige Aufblasen der Glasmasse.

Glasstäbe.

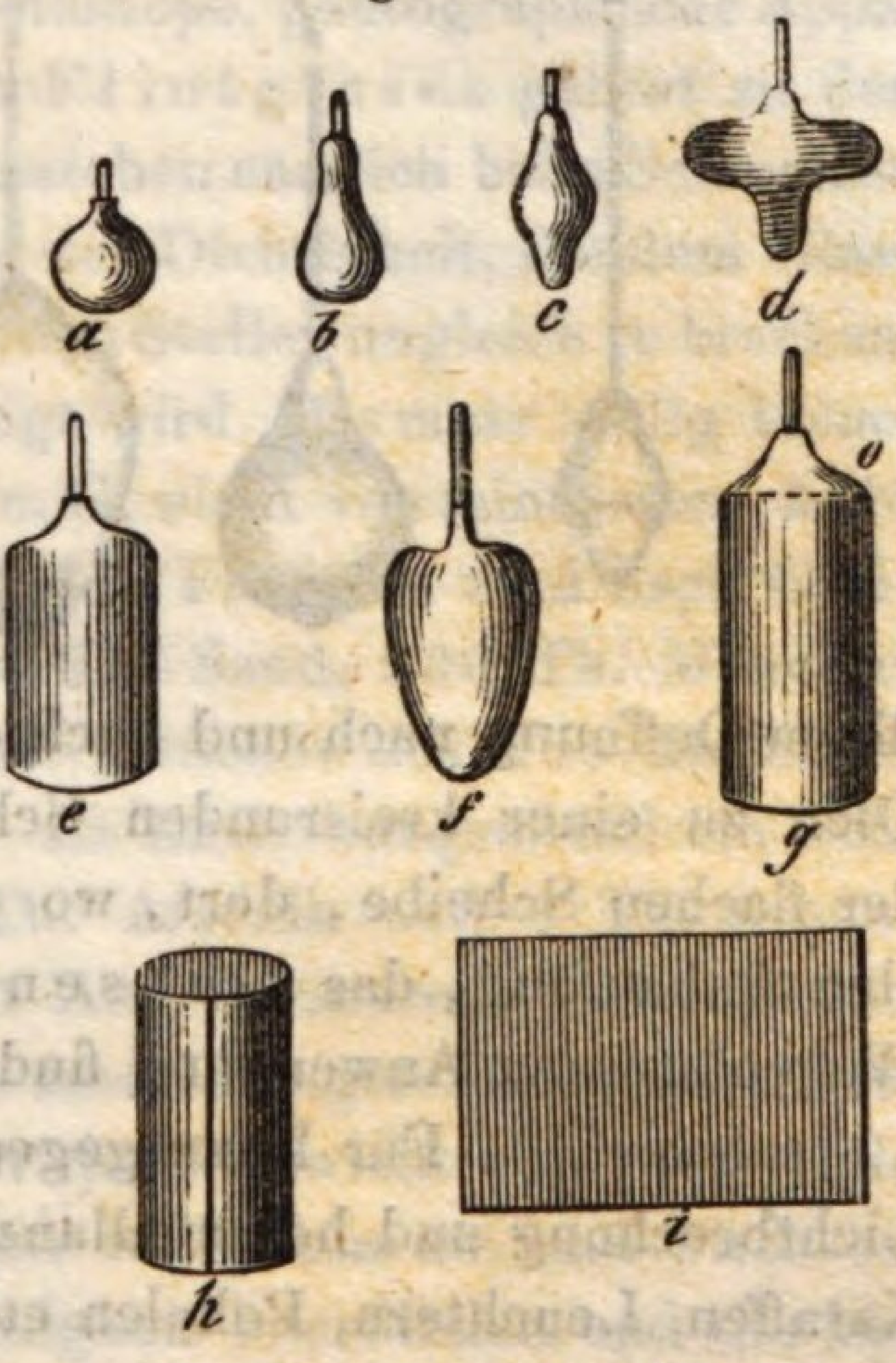
Glasspinnen. Wenn das Glas durch Abkühlen seine grösste Zähigkeit erreicht hat, so lässt es sich vermittelst einer Haspel zu den dünnsten Fäden spinnen. Ein Stück einer Thermometerröhre, das auf einem Rade von etwa einem Fuss Durchmesser und einer Geschwindigkeit von 500 Umdrehungen in der Minute ausgezogen wurde, gab 900,000 Fuss Glasfäden, deren Dicke kaum noch zu bestimmen war. Nichtsdestoweniger waren diese Fäden noch hohl, denn als ein einige Zoll langes Stück unter den Recipienten einer Luftpumpe auf die Weise gebracht wurde, dass sich das

eine Ende aussen, das andere Ende innen befand, so konnte man beim Auspumpen der Luft aus dem Recipienten deutlich das Strömen des Quecksilbers durch den Faden bemerken. Die feingesponnenen Glasfäden sind fast so biegsam als Seide, und lassen sich gleich dem gewöhnlichen Garne aufwickeln und zu verschiedenen Zierrathen verarbeiten. Sie haben viele Aehnlichkeit mit den Haaren, und können gleich diesen durch heisse Eisen gelockt werden. Die schwarzen Glasfäden gleichen den schwarzen Haaren bis zum Verwechseln. Es ist eine bekannte Sache, dass die Glasfäden im vergangenen Jahrhundert zur Verfertigung von Perrücken dienten, dass man dieselben jetzt noch zuweilen benutzt, um Quasten, geflochtene Leibgürtel, reiherartige Büsche u. dergl. darzustellen, dass man sogar Stoffe daraus gewebt hat. Man hat die übrigens nicht sehr wahrscheinliche Behauptung aufgestellt, dass der Gebrauch von Glaskleidungsstücken gefährlich werden könne, indem abgebrochene Glasfäden beim Einathmen in die Lunge gelangen könnten.

**Fensterglas.** Das Fensterglas (Scheibenglas) wird entweder als Walzenglas oder als Mondglas dargestellt; das Walzenglas wird durch Blasen und Strecken, das Mondglas durch Blasen und sofortiges Abflachen des geblasenen Ballons zu einer kreisrunden Scheibe erhalten. Zur Darstellung des Walzenglases sucht man zuerst die Walze (siehe *h* (Fig. 30) darzustellen; dies geschieht, indem der Bläser der an der Pfeife befindlichen Glasmasse *a* durch Blasen und Schwenken der Pfeife während des Blasens die Formen *b*, *c*, *d*, *e* und *f* giebt. Der Cylinder *f* wird auf seiner dünnsten Stelle geöffnet, indem das Arbeitsstück unter fortwährendem Einblasen in das Feuer gehalten wird. Nachdem mit einer Scheere die zerrissenen Stücken abgeschnitten worden sind, erhält das zuckerhutförmige Stück *f* durch Anwärmen und Rotiren, vermöge der Centrifugalkraft, die Cylinderform *g*. Von diesem Cylinder trennt man den nicht dazu gehörigen Hals durch Absprengen bei *o* und schneidet auf dieselbe Weise die erhaltene Walze der Länge nach auf (*h*). Die Walzen lässt man in dem Kühlofen abkühlen und streckt sie dann in dem Streck- oder Plättofen aus. Die erweichte Walze wird zuerst von dem Arbeiter vermittelst eines Holzes oberflächlich auf einer dicken Glasplatte *c* (siehe umstehende Fig. 31) ausgebreitet und darauf vermittelst des Polirholzes geebnet und geglättet. Nachdem alle Walzen gestreckt worden sind, verstopft man die Oeffnungen des

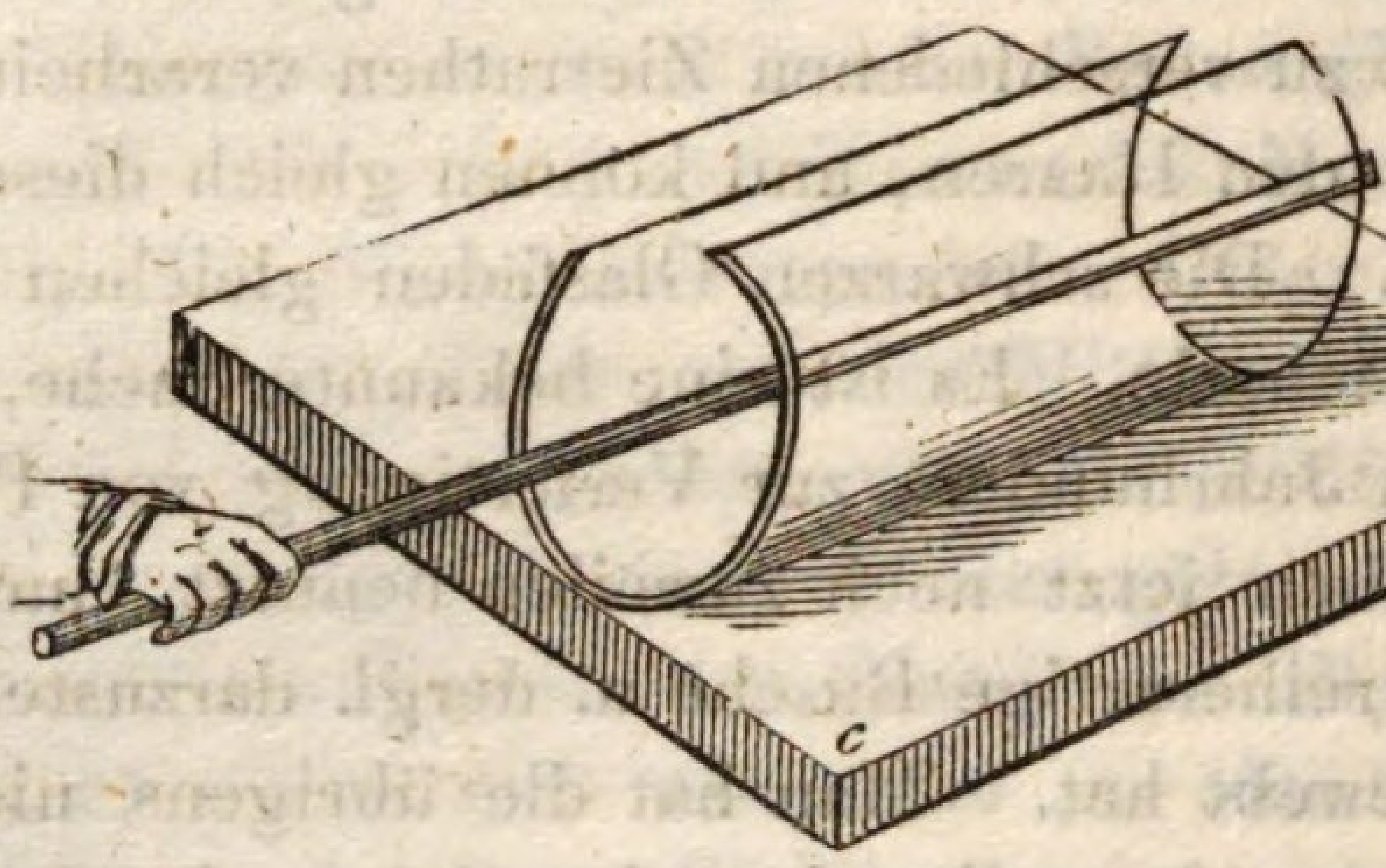
**Walzenglas.**

Fig. 30.



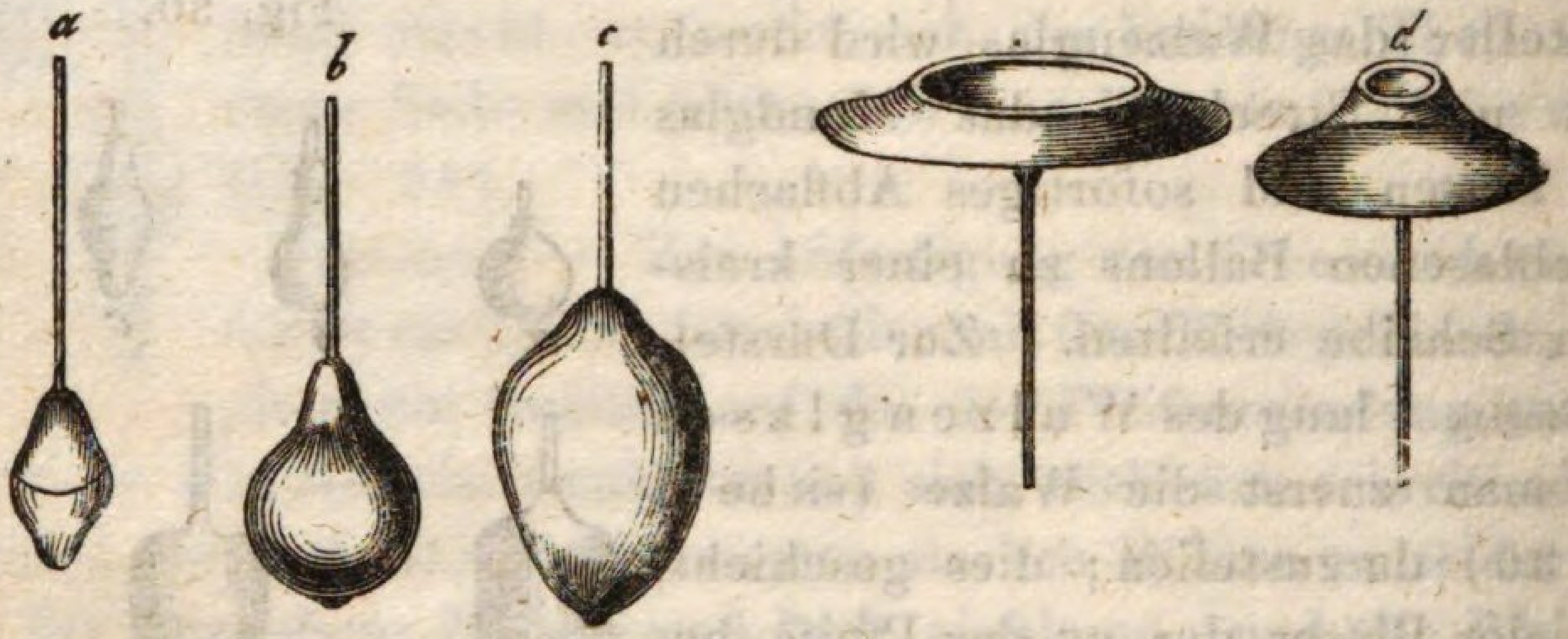
Ofens und lässt die Glasplatten bis nach dem völligen Erkalten darin. Die fertigen Tafeln (Fig. 30 *i*) werden in kleine Stücken zerschnitten. Bei

Fig. 31.



Mondglas. dem Anfertigen des **Mondglases** wird das Glas zuerst zu einem abgeplatteten Ballon aufgeblasen (Fig. 32.), welcher dann geöffnet, an

Fig. 32.




dieser Oeffnung nach und nach erweitert und endlich in einem besonderen Ofen zu einer kreisrunden Scheibe abgeflacht wird. Im Mittelpunkte der flachen Scheibe, dort, wo das Nabeleisen angeheftet ist, bildet sich eine Anhäufung, das **Ochsenauge** genannt, welche zu Strassen- und Wagenlaternen Anwendung findet.

Bleiglas. Für Luxusgegenstände, bei denen Farblosigkeit, starke Lichtbrechung und hoher Glanz vorzüglich in Betracht kommen, wie bei Karaffen, Leuchtern, Pokalen etc. eignet sich vorzugsweise das **Bleiglas** durch die angegebenen Eigenschaften, so wie durch seine Weichheit oder Schleifbarkeit. Man unterscheidet **Krystallglas**, **Flintglas**, **Strass** und **Email**. Ehedem verstand man unter **Krystallglas** jedes farblose Glas, es mochte nun Kali-, Natron- oder Bleiglas sein. Heutzutage begreift man unter dieser Benennung nur ein Bleiglas, das zu Ziergeräthschaften angewendet wird, während man das vorzugsweise zu optischen Instrumenten dienende **Flintglas** und das zur Nachahmung von Edelsteinen angewendete **Strass** nennt.

Krystallglas. Fast alle Metalloxyde können sich mit der Kieselerde und mit den Silicaten der Alkalien verbinden, aber beinahe alle diese Ver-

bindungen sind gefärbt. Nur Bleioxyd und Wismuthoxyd bilden mit der Kieselerde oder mit Alkaliglas farblose Verbindungen. Des hohen Preises des Wismuthoxydes wegen wendet man ausschliesslich nur Bleioxyd zur Fabrikation des Krystallglases an. Die anderen dazu angewendeten Materialien müssen vorzugsweise rein sein. Das Bleioxyd wird, wie schon früher erwähnt worden ist, stets in Gestalt von Mennige angewendet, damit der beim Erhitzen derselben entweichende Sauerstoff die in den Materialien stets enthaltenen geringen Mengen von organischer Substanz verbrenne, welche ausserdem eine Reduction des Bleioxyds bewirken würden, die eine Schwärzung des Krystallglases zur Folge hätte. Das Krystallglas lässt sich leichter als bleifreies Glas formen, weil es viel weicher und dem Entglasen viel weniger ausgesetzt ist. Seiner Zähflüssigkeit wegen kann das Glas nicht ohne weiteres in die Formen gegossen, sondern es muss mit Gewalt hineingepresst werden. Nur geringere Sorten des Krystallglases werden in Formen gepresst, die feinen werden geschliffen; erstere lassen sich von letzteren durch die stumpfen Kanten unterscheiden.

Flintglas. Die Herstellung des zur Fabrikation von Linsen, woraus die optischen Instrumente wie Mikroskope, Teleskope, photographische Apparate u. dergl. construirt werden, dienenden Flintglases gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Technik. Es entstehen nämlich beim Schmelzen fast unvermeidliche Ungleichförmigkeiten in der Dichtigkeit, die dem Glase den Fehler ertheilen, das Licht an verschiedenen Stellen ungleich zu brechen, wodurch die Reinheit der Bilder beeinträchtigt wird. Es muss völlig homogen sein und in allen seinen Theilen ein spec. Gewicht von mindestens 3,60 haben. Das zu Luxusgegenständen angewendete Flintglas wird nach Guinand mit folgendem Satz dargestellt: 300 Th. Sand, 200 Th. Mennige, 100 Th. Potasche; das zu optischen Zwecken dienende aus 300 Th. Sand, 300 Th. Mennige, 90 Th. Potasche, und als Entfärbungsmittel ein Satz aus 5,5 Th. Borax, 4 Th. Salpeter, 1 Th. Arsenik und 1 Th. Braunstein. Nach Faraday soll Flintglas aus 1 Aeq. Borsäure, 1 Aeq. Kieselsäure und 3 Aeq. Bleioxyd in Platingefässen zusammengeschmolzen werden. Das auf diese Weise erzeugte Glas hat ein spec. Gewicht von 6,4. Die erkaltete Glasmasse löst sich von den Wänden des Hafens ab, und wird von zwei Seiten angeschliffen, um ihre Durchsichtigkeit beurtheilen und die besonders guten Stellen herausschneiden zu können. Eine andere Art von optischem Glase ist das bleifreie Crownglas (Kronglas), dessen Masse nach Bontemps aus 120 Th. Sand, 35 Th. Potasche, 20 Th. Soda, 15 Th. Kreide und 1 Th. arseniger Säure zusammengesetzt ist. Das Crownglas ist leichter fehlerfrei darzustellen als das Flintglas und eignet sich daher besonders zu den grossen Linsen. Bei Linsen aus Flintglas ist das Brechungsvermögen am grössten, leider aber auch die Farbenzerstreuung am bedeutendsten, so dass die damit hervorgebrachten Bilder stets einen farbigen Rand besitzen, was jede genaue Beobachtung hindert. Bei bleifreien Gläsern (Crownglas) ist das Brechungsvermögen, aber auch

die Farbenzerstreuung weit geringer. Combinirt man daher eine convexe Linse von Flintglas mit einer concaven von Crownglas, so erhält man unter allen Umständen ein farbloses Bild, da die Farbenzerstreuung des Flintglases vollständig compensirt worden ist. Eine solche Combination zweier Linsen heisst eine achromatische Linse.

Strass. Die Nachahmung von Edelsteinen (die Fabrikation künstlicher Edelsteine) ist ein interessanter Zweig der Glasfabrikation, der schon früh — in Aegypten und Griechenland — eine sehr hohe Stufe der Vollkommenheit erreicht hatte. Gegenwärtig hat man es so weit gebracht, dass man alle Edelsteine, mit Ausnahme des edeln Opals, nachzuahmen im Stande ist. Am besten lässt sich der Chrysopras wiedergeben.

Man nennt die zur Fabrikation der künstlichen Edelsteine dienende Masse Strass oder Mainzer Fluss und die Edelsteine selbst Pierres de Strass, die man in Frankreich so ausgezeichnet darstellt, dass sie das Auge des Kenners zu täuschen im Stande sind, und man zur Feile und Waage greifen muss — sie sind weniger hart, aber weit schwerer, als die ächten Steine — um sich zu überzeugen, ob man es mit einem Mineral oder einem Kunstproduct zu thun habe.

Bei der Fabrikation des Strass giebt es eine Menge von Vorsichtsmassregeln zu beobachten, die nur durch die Praxis erlernt werden können. Die dazu angewendeten Substanzen müssen vorzüglich rein, fein gepulvert und innig gemengt sein. Die geschmolzene Masse darf nur sehr langsam erkalten. Die Basis aller dieser künstlichen Edelsteine ist ein farbloser Strass, der aus einem Boro-Silicat des Kalis, Natrons und Bleioxydes besteht, welches mehr Bleioxyd enthält als das Flintglas. Der Satz ist zusammengesetzt aus 100 Theilen gemahlenem Bergkrystall, 156 Th. Mennige, 54 Th. mittelst Alkohol gereinigtem Aetzkali, 7 Th. Borsäure, $^1/_3$ arseniger Säure. Die Analyse des farblosen Strass führte zu der Formel:

$$3\ KO,\ 4\ SiO_3 + 3\ (3\ PbO,\ 4\ SiO_3).$$

Eine dem Topas ähnliche Masse stellt man dar, indem man 1000 Th. weissen Strass, 40 Th. Antimonglas und 1 Th. Purpur des Cassius zusammenschmilzt. Rubin erhält man aus 1000 Th. weissem Strass und 2 Th. Manganoxyd; Smaragd aus 1000 Th. weissem Strass, 8 Th. Kupferoxyd, 0,2 Th. Chromoxyd; Saphir aus 1000 Th. weissem Strass und 15 Th. Kobaltoxydul; Amethyst aus 1000 Th. weissem Strass, 8 Th. Manganoxyd, 5 Th. Kobaltoxydul, 0,2 Th. Purpur des Cassius; Aquamarin aus 1000 Th. weissem Strass, 7 Th. Antimonglas und 0,4 Th. Kobaltoxydul. Wenn es die Fassung der künstlichen Edelsteine gestattet, so hilft man dem Mangel an Härte dadurch ab, dass man dieselben mit einer dünnen Platte eines natürlichen Edelsteins bedeckt und beide Stücken vermittelst Terpentin aneinander klebt.

Email oder Schmelz. Unter Email oder Schmelz versteht man einen leicht flüssigen, gewöhnlich bleihaltigen Glasfluss, der zum Ueberziehen besonders von Metallgegenständen angewendet wird. Ein Ueberzug mit Email hat

entweder den Zweck, die darunter liegenden Theile zu schützen (Emailüberzug bei Kochgeschirren), oder er dient nur als Farbenüberzug (Uhrzifferblätter); je nachdem man die Farbe des Gegenstandes, der emaillirt werden soll, durchscheinen lassen will oder nicht, wendet man den Email durchsichtig oder undurchsichtig an. Durchsichtiger Email besteht aus einer Art Krystallglas, das durch Metalloxyde gefärbt worden ist; alle Theile in demselben sind vollständig geschmolzen. In dem undurchsichtigen besteht die Grundmasse ebenfalls aus einer Art durchsichtigen Metallglases (einem Stanno-Silicat des Kalis, Natrons und Bleioxydes), in welchem sich aber einige Bestandtheile in feinzertheilter Gestalt schwebend befinden. Der weisse undurchsichtige Email verdankt seine weisse Trübung darin fein zertheiltem Zinnoxyd. Dumas fand in einer Probe desselben:

| | |
|---|---|
| Kieselerde . . . | 31,6 |
| Kali . . . | 8,3 |
| Bleioxyd . . . | 50,3 |
| Zinnoxyd . . . | 9,8 |
| | 100,0 |

Beinglas, Milchglas. Reissteinglas. Eisglas. In dem Beinglas, das häufig Anwendung zu Lampenschirmen, Thermometerskalen, Vasen etc. findet, ist das Zinnoxyd durch Knochenerde (phosphorsauren Kalk) ersetzt. Es ist zuerst vollkommen durchsichtig und erhält seine trübe Beschaffenheit durch das Aufwärmen. Das Beinglas opalisirt und lässt das Licht einer Lampe mit rother Farbe durch. Eine ähnliche trübe Beschaffenheit soll durch Chlorsilber und Antimonsäure hervorgebracht werden können. Das Milchglas, das durch Zinnoxyd undurchsichtig gemacht worden ist, unterscheidet sich von dem Beinglas dadurch, dass es rein weiss und nicht röthlich opalisirend erscheint. Das Reisstein- oder Alabasterglas ist ein zu Luxusgegenständen (Tischaufsätzen, Vasen u. dergl.) häufig angewendetes Glas, dass eine durchscheinende Trübheit, ungefähr wie ein Reiskorn besitzt, und diese Beschaffenheit in der Glasmasse fein zertheiltem, unvollkommen geschmolzenem, sehr kieselerdereichem Glas verdankt. Es besteht aus 81 Th. Kieselerde und 19 Th. Kali. Das Eisglas, eine sehr schöne, jetzt ausserordentlich beliebte Glasarbeit, hat eine oberflächliche, durch natürliche Sprünge hervorgebrachte Zerklüftung als Verzierung. Die Sprünge werden durch Eintauchen des glühenden Glasgegenstandes in kaltes Wasser erzeugt, durch Aufwärmen unschädlich gemacht und durch Aufblasen des Gegenstandes geöffnet, so dass das Ganze das Ansehen einer im Aufthauen begriffenen Eismasse oder einer zerklüfteten ausgewitterten Felsoberfläche hat.

Gefärbte Gläser. Bei den gefärbten Gläsern*) unterscheidet man

*) Die vor einigen Jahren aufgetauchte, von einer verkehrten Geschmacksrichtung zeugende Kunst, aus Glas chinesische oder japanische Porcellane mit Verzierungen und Malereien nachzuahmen — die Potichomanie, sei in diesem Buche übergangen.

solche, die durch ihre ganze Masse hindurch gefärbt sind, und solche, bei denen dies nur zum Theil der Fall ist. Die rothe Färbung der Gläser erzeugt man entweder durch Purpur des Cassius (eine Verbindung von Zinnoxyd mit Goldoxyd) (Rubinglas), oder durch Kupferoxydul. Das Rubinglas stellt man nach Pohl in Schlesien dar, indem man ein Gemenge von 46 Th. Quarz, 12 Th. Borax, 12 Th. Salpeter, 1 Th. Mennige und 1 Th. arseniger Säure mit einer Auflösung von Feingold in Königswasser befeuchtet, und die getrocknete Masse schmilzt. Nach geschehener Schmelzung ist das Glas fast farblos, so wie aber dasselbe zum zweiten Male erhitzt wird, nimmt es plötzlich die bekannte prachtvolle rothe Farbe an. — Das Kupferoxydulglas wird durch Schmelzen der Glasmasse mit Kupferhammerschlag dargestellt; es zeigt eben so wie das Rubinglas die Eigenschaft, erst durch das nochmalige Erhitzen gefärbt zu werden. Da das Kupferoxydul sehr leicht in Oxyd übergeht, welches letztere das Glas grün färbt, so sucht man die Oxydation durch Kohle, Weinstein, Eisenhammerschlag u. s. w. zu verhüten. — Himmelblaues Glas erzeugt man durch Kupferoxyd, dunkelblaues durch Kobaltoxydul. Die bekannte Smalte (Aeschel), von welcher später bei dem Kobalt die Rede sein wird, selbst ist nichts als ein durch Kobaltoxydul intensiv blau gefärbtes und fein gepulvertes Glas. Die Amethystfarbe erzeugt man durch Braunstein, zu welchem man, um die Reduction zu nicht färbendem Manganoxydul zu vermeiden, etwas Salpeter setzt. Gelb erzeugt man in goldgelber Nüance durch Braunstein und Eisenoxyd; orangegelb mit Antimonglas*), Mennige und etwas Eisenoxyd; grüngelb mit Uranoxyd. Grün wird hervorgebracht als grasgrün durch Chromoxyd oder ein Gemenge von Antimonglas und Kobaltoxydul; flaschengrün durch Eisenoxyd; smaragdgrün durch ein Gemenge von Nickel- und Uranoxyd. Schwarzes Glas erhält man, indem man zu der Glasmasse gleiche Theile Braunstein, Kupferoxyd und Kobaltoxydul setzt; in der neueren Zeit hat man angefangen, das Iridium und Platin zur Erzeugung von schwarzem Glas anzuwenden.

Rubinglas. Kupferoxydulglas. Kobaltglas. Gelbes Glas. Grünes Glas. Schwarzes Glas.

Achatglas. Das Achatglas ist eine, eine Marmorirung darstellende Mischung von verschiedenen Emaillen der Achatfarbe, Rothbraun, Roth etc.

Marmorglas. Werden zwei oder mehrere in besonderen Häfen geschmolzene verschieden gefärbte Gläser (nicht Email wie bei dem Achatglas) kurz vor dem Blasen zusammengegossen und durch kurzes Umrühren nur unvollständig gemengt, so erhält man eine mit streifigen Marmorirungen versehene Masse, die zu Pokalen geblasen und geschliffen, ein sehr elegantes Aussehen darbietet.

Ueberfangglas. Einige Metalloxyde, wie das Kupferoxydul, Goldoxydul

*) Das Antimon- oder Spiessglanzglas ist ein Oxysulfuret des Antimons, das man erhält, indem man Antimonsulfuret ($Sb\,S_3$) mit Antimonoxyd ($Sb\,O_3$) zusammenschmilzt.

und auch das Kobaltoxydul in grösserer Menge, färben die Glasmasse so intensiv, dass dieselbe schon bei geringer Dicke fast undurchsichtig ist Man wendet deshalb diese so gefärbten Gläser zum Ueberfangen, d. h. zum Ueberziehen eines ungefärbten Glases mit einer Schicht des gefärbten Glases an. Man nennt das auf diese Weise angewendete gefärbte Glas Ueberfangglas. Indem dasselbe stellenweise hinweggeschliffen wird, so dass das darunter befindliche weisse Glas zum Vorschein kommt, erhält man eine jetzt sehr beliebte Verzierung geschliffener Glaswaaren.

Glasmalerei. Schon in sehr früher Zeit versuchte man farbige Gläser zu Figuren und andern Gegenständen zusammenzusetzen, gerade so wie man es bei den römischen Fussböden mit farbigen Steinen zu thun gewohnt war. So entstanden die ältesten Glasgemälde, welche in der That Glasmosaiken, Umrisse in Blei mit farbigen Gläsern ausgefüllt, waren. Die erste Spur derselben finden wir in einem deutschen Kloster zu Tegernsee in Bayern in den Jahren 983 — 1001, dem damals Abt Gozbert vorstand. Die Glasmalerlei schwang sich nun in und von Deutschland aus im Laufe des Mittelalters zur höchsten Vollkommenheit empor und verbreitete sich durch ganz Europa, besonders als im 13. Jahrhundert an die Stelle der romanischen Bauart die germanische trat. Bis dahin kannte man meist nur Rundbogenfenster von mässiger Grösse, die nicht durch Glasgemälde verdunkelt werden durften. Seit dem 13. Jahrhundert, als die gothische Baukunst alle müssigen, nicht tragenden Mauermassen aufhob, gediehen die Fenster, die häufig den ganzen Raum zwischen den Pfeilern ausfüllten, zu einer oft kolossalen Grösse, die ein zu grelles Licht in die Kirche gesendet hätten, wenn sie nicht gleichsam mit Glasteppichen behängt worden wären.

Wenn sich die Kunst bis dahin meist mit Ornamenten begnügt hatte, so versuchte sie es nun ganze Figuren zusammenzusetzen. Mit dem 15. Jahrhundert veredeln sich die sonst steifen und schroffen Figuren immermehr, und es werden ganze Reihen geistlicher und weltlicher Geschichten in Glasmalereien dargestellt. So blühte sie noch nach dem Ende des Mittelalters das ganze 16. Jahrhundert fort, bis sich die Glasmaler die Aufgabe stellten, die Effecte und die Beleuchtung des Oelgemäldes auf Glas anzuwenden. Dieser Epoche des Missverstandes gehören die berühmten französischen und niederländischen Glasmaler des 16. Jahrhunderts an. Als man sich endlich von der Möglichkeit, die Oelmalerei nachzuahmen, sattsam überzeugt, kam die Glasmalerlei dermassen in Verfall, dass alle ihre Werkstätten sich schlossen.

Die alte Kunst der Glasmalerei musste wieder auferstehen, und dies geschah in Bayern am Anfang dieses Jahrhunderts durch Frank aus Nürnberg und dann durch König Ludwig, der die ersten zarten Keime derselben pflegte. Seitdem ist sie in neuer, ja in künstlerischer und technischer Hinsicht sogar in grösserer Herrlichkeit erstanden, als dies im Mittelalter der

Fall war. Leider treten nur die neuern Productionen in ihrer Anwendung zu Kirchenfenstern durch Pracht und Fülle der Farbe allzu sehr hervor, als sei das Gotteshaus nur der Glasmalerei wegen da, wogegen die Fenster des Mittelalters mehr den bescheidenen Charakter einer blosen Verzierung beanspruchen. Häufig stehen sie mit dem erhabenen Stile der Architektur nicht in so hohem Einklange wie die Malerei des Mittelalters, sondern eher durch peinliche Vollendung und fast kleinliche Behandlungsweise zum Ganzen in geistigem Widerspruch.

Das Wesen der Glasmalerei lässt sich in der Kürze auf folgende Weise ausdrücken. Wenn leicht schmelzbare, durch Metalloxyde gefärbte Glasflüsse in fein geriebenem Zustande auf eine Glasfläche aufgetragen werden, so können sie bei mässiger Hitze, bei der die Glastafel noch nicht zum Schmelzen kommt, dergestalt eingeschmolzen werden, dass sie eine höchst dauerhafte Malerei von ausgezeichneter Wirkung darstellen. Da die farbigen Glasflüsse durchsichtig oder doch durchscheinend sind, so werden alle Glasmalereien auf durchfallendes Licht berechnet, und hierin liegt eben der wesentliche Unterschied zwischen Glas- und andern Malereien. Der Künstler kann ferner beide Glasflächen zugleich benutzen. Die Oberfläche, welche dem Beschauenden zugekehrt ist, erhält die stärksten Schatten. Gewöhnlich trägt man auf diese Seite alle schattirten Farben auf, und bringt dagegen die lichten Partien auf die entgegengesetzte Seite. Die Farben sind Metalloxyde, und zwar zum Theil dieselben, die man auch zum Färben des Strass anwendet.

Da den durch Einbrennen erzeugten Farben die Reinheit und das Feuer abgeht, das namentlich bei grössern Glasmalereien zur Hebung des Effects unumgänglich ist, so bedient man sich zu Draperien, für den Himmel u. s. w., wo grosse gefärbte Flächen erforderlich sind, des farbigen Tafelglases, und bringt durch Einbrennen geeigneter dunkler Farben die nöthigen Schattirungen hervor. Die jetzigen Glasgemälde sind demnach Combinationen von wirklichen Glasmalereien und Glasmosaik. Diesem Kunstgriff allein verdanken die Glasgemälde ihre prachtvolle lebhafte Colorirung.

Vergolden und Versilbern der Gläser.

Um Glas zu vergolden, fällt man Gold aus seiner Lösung in Königswasser durch Eisenvitriol oder besser noch durch Oxalsäure in fein zertheilter Gestalt als Metall. Das Goldpulver wird ausgewaschen, im getrockneten Zustande mit etwas gebranntem Borax gemengt, und das mit Lavendel- oder Terpentinöl befeuchtete Gemenge auf das Glas aufgetragen. Darauf wird das Glas in dem Muffelofen erhitzt, bis der Borax verglast ist. Die Vergoldung, die nach dem Einbrennen gelbbraun und matt aussieht, erhält durch Poliren Goldglanz. Das Versilbern geht genau auf dieselbe Weise vor sich; zu diesem Zweck stellt man sich Silberpulver dar, indem man eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mittelst eines Kupferbleches fällt. Das Platiniren, das man in neuerer Zeit häufig zum Ueberziehen von Glaskugeln

auf der inneren Fläche anwendet, wird entweder ausgeführt, indem man Platinschwamm auf gleiche Weise aufträgt, oder einfach Glasgegenstände mit einem längere Zeit gekochten Gemenge von Alkohol und Platinchloridlösung überzieht und erhitzt, wo dann metallisches Platin als stahlglänzender Ueberzug zurückbleibt.

Glasincrustationen. Die Kunst des Incrustirens wurde im 13. Jahrhundert erfunden und in der neueren Zeit von einem böhmischen Glasbläser wieder entdeckt. Sie besteht darin, in das Glas Reliefgegenstände von weissem Thone einzudrücken und diese Figur mit einer dünnen Schicht von Glas zu bedecken. Der Glanz dieser Figuren ist dem matten Silbers oder dem Glanz eines Thautropfen auf einem behaarten Pflanzenblatte täuschend ähnlich, was daher rührt, dass zwischen dem Thone und dem Glase eine dünne Luftschicht liegt, so dass man nicht sowohl die Thonfigur, als vielmehr deren Abdruck in dem Glas mit spiegelnder Oberfläche sieht.

Filigran. Unter Filigran (Petinetglas, Fadenglas) versteht man Glas, in welchem sich Fäden von weissem, undurchsichtigen Glase (Email) befinden, die, obgleich nach verschiedenen Richtungen auseinandergehend, doch im Allgemeinen eine gewisse Symmetrie zeigen. Die Elemente des Filigrans bestehen aus Emailstäbchen, die mit farblosem Glase überzogen sind. Diese Stäbchen werden theils für sich mit der Glasmasse vermengt, aus welcher darauf Gegenstände geblasen werden, oder man wickelt sie vorher mit einem Stäbchen aus undurchsichtigem Glase zusammen, damit das Ganze eine Spirale bildet, die ebenfalls der Glasmasse einverleibt wird. Durch Abplatten der Spirale entsteht ein Zickzack. In Venedig macht man Gläser, die ein Netz von gleich grossen Maschen enthalten, von denen jede eine Luftblase eingeschlossen enthält; man nennt solche Gläser reticulirte.

Reticulirte Gläser und Millefiori. Ein anderes, zu Luxusgegenständen wie z. B. Briefbeschwerern, sehr beliebtes Glas ist das Millefiori (Mosaikglas), dessen Wesen in einer symmetrischen Zusammenstellung von verschiedenartig gefärbten Glasfäden besteht, die in die durchsichtige Glasmasse eingeschmolzen sind; sie erscheinen entweder als spiralähnliche Linien oder, wenn man den Querdurchschnitt der Fäden sieht, als Blumen, Sterne u. s. w. Auf die Fabrikation dieser Gläser kann hier nicht näher eingegangen werden.

Aventuringlas. Das Aventuringlas wurde in alten Zeiten in Venedig fabricirt; nachdem die Vorschrift zu seiner Bereitung lange Zeit verloren gewesen, ist es in der neueren Zeit gelungen, auf chemischem Wege seine Zusammensetzung zu ermitteln und dasselbe, wenn auch ungenügend, darzustellen. Es besteht aus einer durchsichtigen, rostbraunen, leichtflüssigen Glasmasse, die ein Gemisch ist von grünem Eisenoxydulglas mit rothen Kupferoxydulkrystallen. Das Aventuringlas wurde in Frankreich durch Zusammenschmelzen von 300 Th. Glas mit 40 Th. Kupferoxydul und 80 Th. Eisenhammerschlag dargestellt. Bei den Alten

Hämatinon und Astralit. bezeichnete man mit dem Namen Hämatinon eine zu Prunkgefässen, Mosaiken etc. angewendete Glasmasse, welche unter an-

derm von Plinius erwähnt und ziemlich häufig in den pompejanischen Nachgrabungen gefunden wird. Dieses Glas ist durch eine schöne rothe Farbe, welche zwischen der des Zinnobers und der Mennige liegt, charakterisirt. Es ist undurchsichtig, härter als das gewöhnliche Glas, besitzt grosse Politurfähigkeit, muschligen Bruch und hat ein spec. Gewicht von 3,5. Durch Umschmelzen geht die rothe Farbe verloren und kann durch keinen Zusatz wiederhergestellt werden. Das Hämatinon enthält kein Zinn und ausser Kupferoxydul keine färbende Substanz. Pettenkofer stellte das Hämatinon dar durch Zusammenschmelzen von Kieselerde, Kalk, gebrannter Magnesia, Bleiglätte, Soda, Kupferhammerschlag und Eisenhammerschlag. Als ein Theil der Kieselerde in der Mischung durch Borsäure ersetzt wurde, erhielt man eine Masse, welche nach dem Schleifen und Poliren Krystallisationen von grosser Schönheit in einem dunkelrothen, fast schwarzen Grunde zeigte. Der bläulich dichroitische Schimmer auf dunklem Grunde ist mit dem Schimmern von Sternen auf nächtlichem Hintergrund zu vergleichen, weshalb Pettenkofer dieser boraxhaltigen Masse den Namen Astralit gab.

Gegenwärtig ist man in der Herstellung des Hämatinon so weit gekommen, dass man diesen Stoff in beliebigen Quantitäten mit Sicherheit erzeugen und daraus unter Beobachtung der nöthigen Vorsichtsmassregeln Platten jeder Art giessen und Gegenstände aller Art mittelst der Pfeife blasen kann. Die Masse lässt sich leicht formen, schneiden und schleifen und zeichnet sich durch Festigkeit und Härte aus.

Glasperlen. Die Glasperlen oder künstlichen Perlen, welche die ächten Perlen nachahmen, sind kleine Glaskugeln, die aus Glasröhren vor der Lampe geblasen worden sind. Sie sind mit Löchern versehen und auf der inneren Seite mit einem Ueberzuge bedeckt; dieser Ueberzug wird erhalten, indem man einen Tropfen Perlenessenz*) vermittelst einer Pipette in jede Perle bringt und denselben durch Umschwenken ausbreitet. Zur grösseren Festigkeit werden die Perlen gewöhnlich mit Wachs ausgefüllt. Die sogenannten Stickperlen sind Abschnitte von dünnen Röhren, die man erhält, indem man dünne Glasröhren in Bündel gebunden auf einer Schneidemaschine schneidet, und die Glasschnitte in einer Art Kaffeetrommel mit Thon und Kohle, oder mit Gyps und Graphit gemengt, bis zum Weichwerden des Glases erhitzt. Durch die rotirende Bewegung nehmen die Perlen allmälig Kugelgestalt an. Das beigefügte Pulver dient dazu, das Zusammenkleben der Perlen

*) Die Perlenessenz (Essence d'Orient) wird erhalten, indem man eine grosse Menge Weissfischschuppen (von Cyprinus alburnus) mit Wasser zusammenknetet und von der gekneteten Masse das Wasser durch ein Sieb abgiesst. Aus der durchgelaufenen Flüssigkeit setzt sich eine perlmutterglänzende Masse ab, die mit Wasser ausgewaschen und darauf mit Wasser und etwas Ammoniak und Hausenblaselösung gemischt, aufbewahrt wird. Durch den Zusatz des Ammoniaks soll das Verderben der Flüssigkeit verhütet werden.

an einander und das Zuschmelzen der Oeffnungen zu verhüten. Nach beendigter Operation trennt man die Perlen durch Absieben von dem beigemengten Pulver.

Glasätzen. Die Flusssäure oder Fluorwasserstoffsäure hat bekanntlich die Eigenschaft, Kieselerde zu zersetzen und aus derselben Wasser und Fluorsilicium zu bilden. Diese Eigenschaft der Flusssäure benutzt man zum Glasätzen. Zu diesem Zwecke überzieht man das Glas mit einem Firniss, der aus 1 Th. Terpentin und 4 Th. Wachs besteht, und zeichnet mit einem Griffel das zu Aetzende in den Firniss ein, so dass auf diesen Stellen das Glas blosgelegt ist, übergiesst in einem Bleigefäss gepulverten Flussspath mit concentrirter Schwefelsäure, erhitzt das Gefäss gelind, und hält über die sich entwickelnden Dämpfe das Glas. Nach einigen Minuten ist die Operation zu Ende; der Firniss wird von dem Glase durch Schmelzenlassen und Abreiben entfernt. In der neueren Zeit hat man in Wien angefangen, auf Glasplatten zum Druck sich eignende Zeichnungen einzuätzen. Der sich mit der Darstellung derartiger Platten beschäftigenden Kunst ist der Name Hyalographie beigelegt worden.

Sprengen des Glases. Um Glasröhren zu zerschneiden, feilt man mit einer dreikantigen Feile einen etwas tiefen Strich quer über das Glasrohr, wo dasselbe zerschnitten werden soll, und bricht es dann durch, indem man den Strich nach aussen kehrt und mit beiden Händen nahe an demselben die Röhre kräftig aufwärts drückt. Beabsichtigt man von Kolben, Retorten etc. etwas abzusprengen, so berührt man mit einem glühenden Eisen die Trennungsstelle und befeuchtet dieselbe, und führt die glühende Spitze einer Sprengkohle dem Sprunge entlang bis zu Ende. Die Sprengkohle besteht aus gepulverter Holzkohle, die man unter Zusatz von etwas Benzoetinctur mittelst Tragantschleim zu runden Stücken von der Grösse eines Federkieles geformt und getrocknet hat. Anstatt der Sprengkohle wendet man zweckmässig Stäbchen von Lindenholz an, die mit einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd getränkt und getrocknet worden sind. Zum Durchbohren des Glases bedient man sich dreieckiger Stahlspitzen, und befeuchtet die Bohrstelle mit einer Auflösung von Kampher in Terpentinöl.

Sprengkohle.

Wasserglas. Unter Wasserglas versteht man ein in Wasser lösliches kieselsaures Alkali, welches 1825 von v. Fuchs in München entdeckt wurde.

Man unterscheidet vier Arten von Wasserglas:

a) Kaliwasserglas,
b) Natronwasserglas,
c) Doppelwasserglas,
d) Fixirungswasserglas.

Das Kaliwasserglas wird bereitet durch Zusammenschmelzen von Quarzpulver oder reinem Quarzsand 45 Th., Potasche 30 Th., Holzkohlenpulver 3 Th. und Lösen der geschmolzenen und gepulverten Masse durch

Kochen in Wasser. Der Zusatz von Kohle soll die vollkommene Austreibung der Kohlensäure durch Reduction derselben zu Kohlenoxyd bewirken und ausserdem die Schmelzung beschleunigen. Zurückgebliebene Kohlensäure äussert stets einen nachtheiligen Einfluss auf das Wasserglas.

Das Natronwasserglas wird entweder aus Quarzpulver 45 Th., calcinirter Soda 23 Th., Kohle 3 Th. oder nach Buchner am wohlfeilsten aus Quarzpulver 100 Th., calcinirtem Glaubersalz 60 Th., Kohle 15—20 Th. dargestellt. Kuhlmann in Lille stellt das Natronwasserglas durch Auflösen von Feuersteinpulver in concentrirter Natronlauge in eisernen Kesseln unter einem Drucke von 7 — 8 Atmosphären dar. Besonders vortheilhaft lässt sich anstatt des Feuersteins nach v. Liebig die aus Kieselpanzern bestehende Infusorienerde (Kieselguhr, Tripel) anwenden.

Das Doppelwasserglas (Kali- und Natronwasserglas) lässt sich nach Döbereiner darstellen durch Zusammenschmelzen von Quarzpulver 152 Th., calcinirter Soda 54 Th., Potasche 70 Th.; nach v. Fuchs aus Quarzpulver 100 Th., gereinigter Potasche 28 Th., calcinirter Soda 22 Th., Holzkohlenpulver 6 Th.

Es lässt sich ferner erhalten 1) durch Zusammenschmelzen von Seignettesalz (weinsaures Kali-Natron, $C_8H_4O_{10} + KO, NaO$) mit Quarz; 2) aus gleichen Aequivalenten Kali- und Natronsalpeter und Quarz; 3) aus gereinigtem Weinstein und Natronsalpeter und Quarz. Es ist merklich leichter schmelzbar als jedes der vorhergehenden. Zum technischen Gebrauche kann man auch

3 Volumen concentrirter Kaliwasserglaslösung mit
2 ,, ,, Natronwasserglaslösung

mischen.

Mit dem Namen Fixirungswasserglas bezeichnet v. Fuchs eine Mischung von mit Kieselerde vollkommen gesättigtem Kaliwasserglas mit Natronkieselfeuchtigkeit (durch Zusammenschmelzen von 3 Th. calcinirter Soda mit 2 Th. Quarzpulver erhalten); es findet einzig und allein zum Fixiren der Farben in der Stereochromie Anwendung.

Das Wasserglas giebt in fein gepulvertem Zustande durch Kochen mit Wasser jene Auflösung, welche unter dem Namen präparirtes Wasserglas bekannt ist. Diese Lösung kommt im Handel 33grädig und 66grädig vor, womit angezeigt wird, dass in ersterem in 100 Gewichtstheilen 33 Gewichtstheile festes Wasserglas und 67 Gewichtstheile Wasser enthalten sind. Hieraus ergiebt sich dann, dass im 40grädigen der Wassergehalt 60 beträgt und im 66grädigen 34. Die Säuren, selbst die Kohlensäure, zersetzen die Wasserglaslösung und scheiden die Kieselerde daraus gallertartig aus; sie muss daher in gut verschlossenen Gefässen aufbewahrt werden.

Das Wasserglas hat in der Industrie vielfache und wichtige Anwendungen gefunden. Seine erste Benutzung fand es beim Münchner Hoftheater als Schutzmittel gegen das Feuer, indem es als Ueberzug für Gegenstände aus Holz, Leinwand, Papier, dieselben vor dem Verbrennen schützt. Man setzt zu

der Wasserglaslösung irgend eine feuerfeste Körperfarbe, wie Thon, Kreide, Knochenerde, Glaspulver (namentlich von Bleiglas), Pulver von Hohofen- oder Frischschlacken, Flussspath, Feldspath u. s. w. Eine der vorzüglichsten und zu technischen Zwecken wichtigsten Eigenschaften des Wasserglases ist die zu binden und zu kleben; es dient daher, lockeren Massen Dichtigkeit und stärkern Zusammenhang zu geben, getrennte Theile von Körpern zu vereinigen u. s. w., in welcher Beziehung es noch nicht die vielseitige Anwendung gefunden hat, deren es fähig ist. Es lässt sich in dieser Hinsicht mit dem Leim vergleichen und man könnte es einen mineralischen Leim nennen.

Kreide giebt mit Wasserglaslösung eine sehr compacte Masse, welche beim Austrocknen fast Marmorhärte erhält. Hierbei findet keine chemische Wechselwirkung, keine Umsetzung der Bestandtheile zu kieselsaurem Kalk und kohlensaurem Kali statt; das Erhärten ist entweder nur eine Wirkung der Adhäsionskraft oder geschieht dadurch, dass das Wasserglas und der kohlensaure Kalk direct, d. h. ohne sich gegenseitig zu zersetzen, eine schwach chemische Verbindung mit einander eingehen. Der Dolomit scheint hinsichtlich der bindenden Kraft den Kalkstein noch etwas zu übertreffen. Der phosphorsaure Kalk (Knochenerde) giebt mit Wasserglas eine sehr compacte Masse, ohne dass eine chemische Wirkung oder Umsetzung der Bestandtheile dabei statthat. Mit gelöschtem Kalk zusammengerieben, kommt das Wasserglas schnell zum Gerinnen und trocknet dann langsam zu einer ziemlich harten Masse aus; es bildet sich hierbei kieselsaurer Kalk und das Kali wird ausgeschieden. Zinkoxyd (Zinkweiss) und Magnesia wirken vorzüglich energisch auf das Wasserglas und zwar offenbar chemisch, indem sich die Kieselerde mit einem Antheil Kali mit der Magnesia oder dem Zinkoxyd verbindet und zugleich etwas kohlensaures Kali gebildet wird. Gyps mit Wasserglas zusammengerieben, kommt sogleich ins Stocken und beim Austrocknen wittert sehr bald schwefelsaures Kali oder Natron in grosser Menge aus; nach dem Trocknen ist die Masse kaum fester als der gewöhnliche Gyps. Dieses Verhalten zeigt deutlich, dass man aus Gyps gefertigte Gegenstände mit Wasserglas nicht imgrägniren kann, um sie fester und luftbeständiger zu machen, indem es wegen des Stockens in dieselben nicht eindringen kann.

Eine wichtige Anwendung des Wasserglases ist die zum Anstrich von Steinen und Mörtelwänden so wie zur Herstellung von künstlichen Steinen und zur Fabrikation von hydraulischem Kalk. Als Kitt für Steine, Glas und Porzellan ist das Wasserglas ebenfalls beachtenswerth.

Das Wasserglas ist ferner angewendet worden zum Herstellen einer bleifreien Glasur, anstatt des Borax zum Hartlöthen, zum Härten und Schweissen von Gussstahl, anstatt der Seife in der Wäsche, als Düngemittel, namentlich als Samendünger, in den Färbereien und Zeugdruckereien zum Appretiren der Garne und Zeuge, zum Fixiren der Farbe, hauptsächlich aber als Ersatz des Kuhkothbades.

Eine der interessantesten Anwendungen des Wasserglases ist unstreitig die zum Malen in einer neuen Art von Frescomalerei, welche v. Fuchs Stereochromie (von στερεος, fest, dauerhaft, und χρωμα, Farbe) genannt worden ist. Bei dieser Malart bildet das Wasserglas das Bindemittel der Farben und ihrer Grundlagen.

Als Malgrund empfiehlt Fuchs einen Wasserglasmörtel, bestehend aus einem Gemenge von Wasserglaslösung mit gepulvertem Marmor, Dolomit, Quarzsand, und an der Luft zerfallenem Kalk. Als stereochromische Farben verwendet man: Zinkweiss, Chromgrün (Chromoxyd), Kobaltgrün (Rinmann's Grün), Chromroth (basisch chromsaures Bleioxyd), Zinkgelb, Eisenoxyd (hell-

roth, dunkelroth, violett und braun), Schwefelcadmium, Ultramarin, Ocker (Hellocker, Fleischocker, Goldocker), Terra di Siena, Umbra etc.

Die Stereochromie ist als eine ganz neue Malart zu betrachten, insofern bei ihr ein von den bei allen Malarten gebräuchlichen verschiedenes Bindemittel angewendet wird; ihre Auszeichnung, abgesehen von der artistischen Vollkommenheit, beruht in dem Malgrunde, wodurch sie fähig ist, unter jedem Himmelsstriche auszuhalten und vielen sonst schädlichen Einflüssen — Rauch, sauren Dämpfen, dem grellsten Wechsel der Temperatur, Hagel etc. zu widerstehen, welche den Fresken verderblich sein würden. Das Wasserglas als Bindemittel, wodurch nicht nur der Malgrund befestigt, sondern mit diesem zugleich die Farben gleichsam verschmolzen und verkieselt werden, macht das Wesen dieser Malart aus, wodurch sie der Frescomalerei bedeutend überlegen ist, deren Grund aus gewöhnlichem Kalkmörtel besteht.

Spiegelfabrikation. Die Fabrikation der Spiegel ist schon sehr alt und wurde sogleich bei Errichtung der ersten Glashütten in Europa betrieben. Lange Zeit hindurch war Venedig ausschliesslich in Besitz dieses Industriezweiges, der damals einen wichtigen Handelsartickel für diese Stadt abgab. Die Fabrik befand sich auf der Insel Murano, und lieferte nur geblasene Spiegel, die ganz auf dieselbe Weise verfertigt wurden, wie gegenwärtig die Fenstergläser. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1665 auch in Frankreich eingeführt, wo französische Techniker eine kleine Fabrik nach dem Muster der zu Murano in Tourlaville bei Cherbourg errichteten. Die grössten Spiegel, die man damals herzustellen im Stande war, hatten eine Höhe von etwa drei Fuss, und waren nicht selten streifig, blasig und wie das ordinäre Fensterglas mit Knötchen versehen. Alle diese Uebelstände verschwanden durch die kühne Erfindung des Giessens der Spiegel durch Abraham Thévart, welches zuerst im Jahre 1685 in Paris ausgeführt ward. Der nämliche Techniker gründete im Jahre 1691 die berühmte Spiegelgiesserei zu St.-Gobin, welche lange Zeit ohne Concurrenz blieb. Gegenwärtig bestehen in Frankreich drei Spiegelgiessereien, die von St.-Gobin, St.-Quirin und Mont-Luçon. Von St.-Gobin ging die Spiegelfabrikation nach England über, wo noch vor dem Schlusse des letzten Jahrhunderts die erste Spiegelgiesserei zu Ravenhead bei St.-Helens in Lancashire gegründet wurde. Im Zollverein wurden neuerdings die ersten Spiegelgiessereien in Stolberg bei Aachen und Mannheim errichtet. Belgien liefert noch immer den grössten Theil des gegossenen Glases zum Schleifen und Belegen in die deutschen Spiegelfabriken.

Glasmasse. Die zur Anfertigung der Spiegel angewendete Glassorte ist ein Natronglas und wird aus ganz reinem Sand, Soda und Kalk zusammengesetzt. Die Zusammensetzung des englischen Glases wird durch die Formel $\left.\begin{matrix} CaO \\ 2\,NaO \end{matrix}\right\}$, 8 $SiO_3$ und 9 $SiO_3$, die des französischen Glases durch CaO, 2 $SiO_3$ + 4 NaO, $SiO_3$ ausgedrückt.

Schmelzgefässe. Man braucht in den Spiegelfabriken zwei Arten von Häfen, die eigentlichen Schmelzhäfen und die Giesshäfen oder

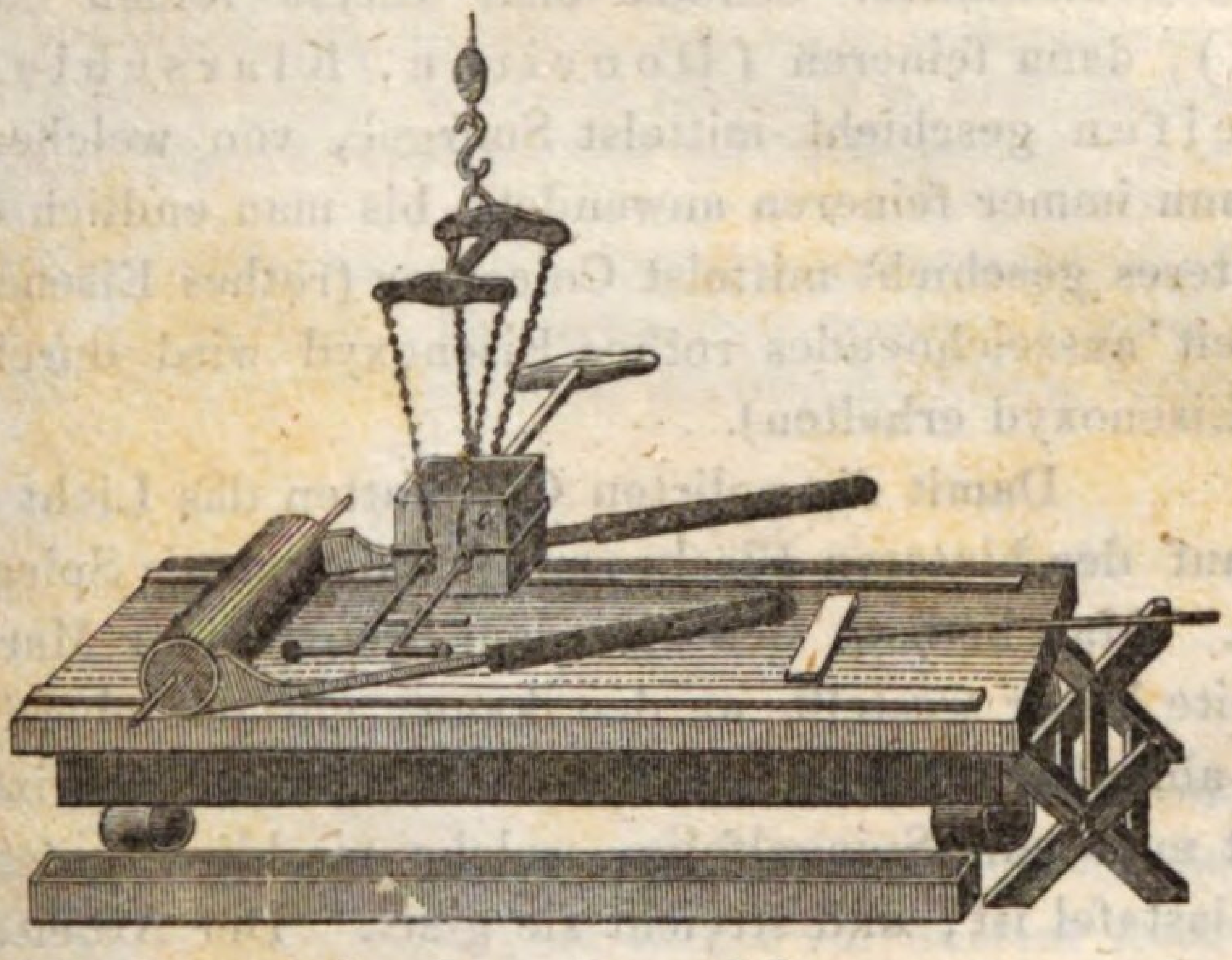
Giesswannen. Erstere sind so gross, dass sie die erforderliche Glasmasse für drei grosse oder sechs kleine Giesswannen aufnehmen können. Der sorgfältig gemischte Glassatz wird zuerst gefrittet, oder in drei gleichen Theilen nach einander in die Schmelzhäfen eingetragen. Nach

Schmelzen. 16stündigem Schmelzen bringt man das halbfertige Glas in die Giesshäfen und lässt es in diesen noch 16 Stunden, so dass die ganze Schmelzung 32 Stunden währt. In den Giesshäfen wird die Masse

Läutern. geläutert und etwas Natron verflüchtigt. Sobald das Glas frei von Blasen ist und die nöthige Consistenz zeigt, werden die

Giessen. Wannen, deren jede einen Spiegel giebt, zum Giessen aus dem Ofen gezogen. Die Form, auf welcher die Glastafeln gegossen werden, ist eine massive Metallplatte (Fig. 33). In St.-Gobin wendet

Fig. 33.



man Bronzetafeln (es existirt dort eine solche von 50—55,000 Pfund im Werthe von 100,000 Franken), in Ravenhead gusseiserne Platten an. Die Tafeln werden durch glühende Kohlen erhitzt und dann vor den schon erheizten Kühlofen gefahren. Die Dicke des zu giessenden Spiegels wird durch bronzene Leisten bestimmt; die Entfernung dieser Leisten von einander giebt die Grösse des Spiegels. Eine auf Leisten laufende, gegen 6 Centner schwere Bronzewalze breitet das Glas gleichmässig auf der Tafel aus. Der Giesshafen wird vermittelst eines Krahnes in die Höhe gewunden und durch Umneigen desselben der Inhalt über die Tafel ausgegossen. Während die gegossene Tafel noch weich ist, wird sie in den Kühlofen zum Abkühlen gebracht. Die ganze Operation, von dem Herausnehmen der Giesshäfen aus dem Ofen an, bis zu dem Einbringen der fertigen Tafeln in den Kühlofen dauert kaum 5 Minuten. Sobald die Tafeln aus dem Kühlofen entfernt sind, werden sie im Beschneide-

Schneiden, Schleifen und Poliren der Gläser. zimmer genau untersucht und diejenigen, welche Blasen, Steine oder andere wesentliche Fehler haben, in kleinere Stücke zerschnitten. Es werden ferner darin die wulstigen und unregel-

mässigen Ränder mit Diamant und Lineal entfernt. Diejenige Fläche der gegossenen Spiegeltafel, welche von der Oberfläche der metallenen Giesstafel gebildet wurde, ist ziemlich glatt und eben geworden; die andere Fläche aber, über welche die eiserne Walze sich bewegte, ist rauh und hat ein welliges Ansehen, fast wie gehämmert. Aus diesem Grunde kommen die beschnittenen Spiegeltafeln in die Schleiferei, wo sie drei Instanzen zu durchlaufen haben, nämlich:

1) das Rauhschleifen durch Maschinen und Sand,
2) das Feinschleifen durch Handarbeit und Smirgel,
3) das Poliren durch Maschinen und englisch Roth.

Zum Schleifen kittet man die untere Glastafel (das Bodenglas) mit Gyps auf einem starken horizontalen Tische fest, die andere kleinere (das Oberglas) aber kittet man unter einen mit Gewichten beschwerten Kasten. Als Schleifmittel benutzt man zuerst feinen Sand (Rauhschleifen), dann feineren (Douciren, Klarschleifen). Das Feinschleifen geschieht mittelst Smirgel, von welchem man zuerst gröberen, dann immer feineren anwendet, bis man endlich die Politur giebt. Letzteres geschieht mittelst Colcothar (rothes Eisenoxyd; ein sich durch Feinheit auszeichnendes rothes Eisenoxyd wird durch Glühen von oxalsaurem Eisenoxyd erhalten).

Belegung der Spiegel. Damit die polirten Glasplatten das Licht zurückwerfen, werden sie auf der hinteren Fläche mit amalgamirter Spiegelfolie (Zinnfolie) belegt. Man bedient sich hiezu am besten einer Marmortafel, die auf einer Seite höher gestellt werden kann, um das überflüssige Quecksilber leicht ablaufen zu lassen. Auf diese vollkommen horizontal gestellte Platte bringt man eine Spiegelfolie, welche merklich grösser als die zu belegende Glastafel ist, und streicht sie glatt. Der Arbeiter giesst dann etwas Quecksilber auf und breitet es mittelst einer Rolle von Wollzeug auf dem Zinn aus; sodann schüttet er so viel Quecksilber auf die Tafel, dass es etwa eine Linie hoch auf dem Zinn steht. Dies ist der Zeitpunkt, die Glastafel auf die Quecksilberfläche zu legen. Ist die Glastafel an die gehörige Stelle gebracht, so muss sie mit Gewichten beschwert werden, damit das überschüssige Quecksilber ablaufe. Durch Neigung der Belegtafel wird das Abfliessen des Quecksilbers befördert. Zuletzt wird der Spiegel vertikal aufgestellt. Er ist nun fertig, um eingerahmt zu werden.

In neuerer Zeit hat man vielfach versucht, anstatt der Belegung der Spiegel mit Zinnamalgam eine Versilberung der Glastafeln anzuwenden.

Das von Drayton im Jahre 1844 vorgeschlagene Verfahren ist das folgende: Man löst salpetersaures Silberoxyd in Wasser und flüssigem Ammoniak und setzt zu der filtrirten Lösung Weingeist und Cassiaöl. Nachdem das zu versilbernde Glas horizontal gelegt worden ist, bringt man auf allen Seiten eine Einfassung von Glaserkitt an, so dass die Flüssigkeit $^1/_8$—$^1/_4$ Zoll hoch auf der zu versilbernden Glasfläche stehen bleiben kann. Nachdem diese versilbernde Flüssigkeit (Nr. I.) auf das gereinigte und polirte Glas gegossen worden ist, lässt man 6—12 Tropfen der reducirenden Flüssig-

keit (Nr. II.), aus Nelkenöl und Weingeist bestehend, auf verschiedenen Stellen in die Flüssigkeit auf dem Glase fallen. Für jeden Quadratfuss Glas braucht man etwa 9 Decigramme salpetersaures Silberoxyd.

Die Theorie der Glasversilberung ist folgende. v. Liebig zeigte bekanntlich vor längerer Zeit, dass das Aldehyd ($C_4 H_4 O_2$) aus Silberlösungen das Silber metallisch und cohärent niederschlage und dadurch in Essigsäure ($C_4 H_4 O_4$) übergehe. Viele ätherische Oele sind nun Gemenge von eigenthümlichen Aldehyden mit Kohlenwasserstoffen, die sich gegen Silberlösungen genau so wie das gewöhnliche Aldehyd verhalten. Ein solches Oel ist das Nelkenöl, das Römischkümmelöl, das Rautenöl. Letzteres möchte überhaupt zur Spiegelversilberung anzuempfehlen sein. Man erhält mit dem Rautenöl (Caprinsäurealdehyd $C_{20} H_{20} O_2$, das bei der Reduction der Silberflüssigkeit in Caprinsäure $C_{20} H_{20} O_4$ übergeht) vollkommen fleckenlose Spiegel, wenn man das Oel vorher reinigt und von dem Kohlenwasserstoffe trennt. Zu diesem Zwecke schüttelt man das Oel mit einer concentrirten wässerigen Lösung von zweifach-schwefligsaurem Natron, es scheidet sich sofort alles Aldehyd als zweifach-schwefligsaures Rautenöl-Natron ab, aus dem durch Auflösen in Wasser und Zersetzen der Lösung mit verdünnter Schwefelsäure alles Rautenöl frei von jeder verharzbaren Substanz abgeschieden werden kann. Man löst dieses Rautenöl in weingeistiger Ammoniakflüssigkeit und verwendet sie zur Reduction der Silberlösung. Auch Sassafrasöl reducirt sehr gut.

Zur Darstellung fehlerfreier optischer Spiegel wendet v. Liebig eine ammoniakalische, mit Aetzkali oder Aetznatron versetzte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, welche mit wässeriger Milchzuckerlösung versetzt ist, an.

## Die Seife.

Seife. Allgemeines. Dass die Fette die Eigenschaft besitzen, mit den Alkalien eigenthümliche Verbindungen einzugehen, welche man mit dem Namen Seife bezeichnet, war schon längst vor unserer Zeitrechnung bekannt. Namentlich führt Plinius an, dass die Seife eine gallische Erfindung sei und in Deutschland angefertigt werde. Die Seife ist ein so wichtiger Gegenstand der Industrie geworden, dass einer unserer grössten Chemiker wohl nicht mit Unrecht behauptet, dass die Menge der consumirten Seife einen Massstab für den Wohlstand und für die Civilisation eines Volkes abgeben könne.

Man nahm früher an, dass die Fette und Oele als solche die Eigenschaft besässen, sich mit Alkalien zu verbinden, bis Chevreul in seiner classischen Untersuchung (Recherches sur les corps gras) die Entdeckung machte, dass die Fette, wenn sie aus ihrer Seifenverbindung ausgeschieden werden, andere Eigenschaften besitzen, als vorher. Dieser Chemiker wies nach, dass alle Fette aus eigenthümlichen Säuren, der Stearinsäure, Palmitinsäure (Margarinsäure), Oelsäure, als nicht flüchtigen Säuren, und gewisse riechende Fette ausserdem aus einer gewissen Anzahl flüchtiger Fettsäuren wie der Buttersäure, Caprin-, Capron-, Caprylsäure, Baldriansäure u. s. w., und einer eigenthümlichen süssschmeckenden Substanz bestehen, die zwar schon früher entdeckt und Oelsüss genannt, von

Chevreul aber genauer untersucht und mit dem Namen Glycerin ($C_6 H_8 O_6$) bezeichnet wurde. Die Fette lassen sich demnach in chemischer Beziehung betrachten als Salze, welche aus einer oder mehreren eigenthümlichen fetten Säuren, und einer allen gemeinsamen Base, dem Glycerin bestehen. Bringt man diese Salze mit unorganischen Basen zusammen, welche zu den Säuren mehr Verwandtschaft haben, als das Lipyloxyd, so bildet sich ein neues Salz, welches wir Seife nennen. Der Process selbst heisst der Verseifungsprocess. Das Glycerin wird dabei unter Wasseraufnahme ausgeschieden.

Nach dieser Erklärung ist in chemischer Beziehung eine jede Verbindung einer oder mehrerer Fettsäuren mit einer unorganischen Base wie z. B. mit Bleioxyd (das bekannte Bleipflaster) eine Seife; im gewöhnlichen Leben versteht man aber unter Seife nur eine in Wasser lösliche Verbindung einer Fettsäure mit einer Base, was nur bei den Verbindungen mit den Alkalien der Fall ist. Die gewöhnlichen Seifen sind fast immer Gemenge von stearin-, palmitin- und ölsaurem Natron oder Kali. Man erhält sie durch Zersetzung der gebräuchlichen Fette des Thier- und Pflanzenreichs durch Kali oder Natron.

Welche Eigenschaften die Seifen besitzen dürfen, lässt sich schon a priori aus den Substanzen, die man zu ihrer Darstellung anwendet, schliessen. Kali giebt im Allgemeinen weichere Verbindungen als Natron. Stearinsaures Natron ist die härteste Verbindung, während ölsaures Kali die weichste ist.

Rohmaterialien zur Seifensiederei.

Die zur Fabrikation der Seife oder zur Seifensiederei angewendeten Substanzen sind zweierlei Art, sie sind Alkalien und Fette. Die Alkalien sind schon ausführlich angeführt worden, wir haben deshalb hier nur die Fette zu betrachten. Unter dem Namen Fett verstehen wir hier alle zur Seifensiederei angewendete fette Substanzen, sie mögen nun eigentliches Fett, oder Talg, oder Oel, oder Thran sein. Die wichtigsten dieser Substanzen sind der Talg, das Schweinefett, das Hanföl, das Leinöl, der Thran, das Olivenöl, das Palmöl, das Cocosnussöl und endlich das nicht zu den Fetten gehörende Harz.

Eintheilung der Seifen.

Man theilt die Seifen ein:

1) in harte oder Natronseifen,
2) in weiche oder Kaliseifen (Schmierseifen).

Man unterscheidet ferner je nach der angewendeten Fettsubstanz Talgseife, Oelseife, Cocosnussölseife, Thranseife, Harzseife u. s. w. In technischer Hinsicht kann man die Seife (die harten oder Natronseifen) eintheilen in

1) Kernseife,
2) geschliffene Seife,
3) gefüllte Seife.

Kernseife.

Die Kernseife hat davon ihren Namen, dass die fertige

Seife nach der Scheidung aus ihrer Lösung durch Kochsalz (durch das Aussalzen) zum Kern zu sieden, d. h. zu einer gleichförmig geschmolzenen blasenfreien Masse zu vereinigen ist, in welcher nach dem Erstarren feine Krystallfäden wahrgenommen werden können. Die der Seife immer in kleiner Menge anhängenden Unreinigkeiten setzen sich in dem nicht krystallisirenden Theile der Seife ab und bilden die natürliche Marmorirung (Fluss oder Flaser). Die regelrecht ausgesalzene Seife sondert sich zuerst von der Unterlauge in Gestalt halbflüssiger, rundlicher Klümpchen oder Kerne. Die Kernseife allein ist reine Seife, indem sie durch die Operation des Aussalzens vom Glycerin und der überschüssigen Lauge und andern Unreinigkeiten, ferner von überschüssigem Wasser befreit wurde.

Geschliffene Seife. Die geschliffene oder glatte Seife entsteht durch das sogenannte Schleifen der Kernseife. Lässt man nämlich die fertige Kernseife in dem Siedekessel mit Wasser oder sehr schwacher Lauge sieden, so nimmt die Seife einen Theil Wasser auf, verliert dagegen die Fähigkeit zu krystallisiren oder eine Marmorirung anzunehmen. Es findet demnach bei der Herstellung der geschliffenen Seife ebenso das Aussalzen und die Abscheidung der hauptsächlichsten Unreinigkeiten statt, wie bei der Kernseife, von welcher sich die geschliffene Seife nur durch einen grössern Wassergehalt unterscheidet.

Gefüllte Seife. Die gefüllte Seife, gegenwärtig die gebräuchlichste, ist die schlechteste aller Seifensorten, indem eine solche Seife bei ihrer Bereitung nicht so weit ausgesalzen wurde, dass sich die Unterlauge von der Seife getrennt hätte, wo also der ganze Inhalt des Siedekessels zusammenbleibt, um als Seife verkauft zu werden. Beim Erkalten erstarrt nämlich das Ganze zu einer festen Seife, welche den bedeutenden Wassergehalt durch ihr Ansehen nicht verräth. Diese Eigenthümlichkeit, selbst bei grossem Wassergehalt trocken und hart zu erscheinen, besitzt besonders die Cocosnussölseife, weshalb denn auch seit der allgemeinen Verbreitung des Cocosnussöles die Anfertigung der gefüllten Seifen einen um so grössern Aufschwung erhalten musste, als sie ihre wasserbindende Eigenschaft auch andern Seifen (Palmölseife, Talgseife u. s. w.) mittheilen.

Die Talgkernseife. Die deutsche Talgkernseife ist wesentlich stearinsaures Natron und wird auf indirectem Wege dargestellt durch Verseifen von Talg mit Kalilauge und Ueberführen des so entstandenen stearinsauren Kalis durch Kochsalz (durch das Aussalzen) in stearinsaures Natron. Der Siedekessel ist von der Form eines an der Spitze abgerundeten Kegels; der untere Theil, der die Abrundung des Kegels bildet und mit dem Feuer in Berührung kommt, besteht entweder aus genietetem Eisenblech oder ist von Eisen gegossen. Der obere kegelförmige Theil, der sogenannte Sturz, ist aus Tannenholz gebildet und hat die Gestalt eines sich nach oben erweiternden Fasses ohne Boden. Man füllt den Kessel mit der erforderlichen Menge starker Lauge (Feuerlauge), giebt den

Talg hinzu, bedeckt den Kessel mit einem beweglichen Deckel und kocht die Masse unter bisweiligem Umrühren fünf Stunden lang und trägt noch nach und nach Feuerlauge nach. In diesem Zustande zeigt die Masse eine durchsichtige gallertartige Beschaffenheit und wird Seifenleim genannt. Wenn der Seifenleim die gehörige Consistenz hat, so darf er auf Zusatz frischer Lauge nicht dünner werden, von dem Rührspaten nicht tropfenweise, sondern als ein zusammenhängender Strahl abfliessen, auf eine kalte Stein- oder Metallplatte gegossen, zu einer dichten Gallerte erstarren. Nachdem die Verseifung erfolgt ist, schreitet man zum Aussalzen, welches darin besteht, der heissen Masse Kochsalz zuzusetzen. Die Masse wird im Sieden erhalten, bis der Seifenleim zu einer weissen griesartigen Masse geronnen ist und sich unter derselben eine klare Flüssigkeit, die sogenannte Unterlauge, abscheidet, welche abgelassen wird. Ist eine Vorrichtung zum Ablassen nicht vorhanden, so schöpft man die Seife in den Kühlbottich.

Der Zweck des Aussalzens ist, die Kaliseife durch das Kochsalz in Natronseife zu verwandeln, indem sich Chlorkalium bildet, das in der Mutterlauge gelöst bleibt; ausserdem bewirkt das Aussalzen, dass die Seife von der Unterlauge und dadurch von einer Wassermenge befreit wird, welche die spätern Laugenzusätze bis zur Unwirksamkeit verdünnen würde. Der gewonnene Seifenleim kommt darauf in den Kessel zurück; es wird schwächere Lauge, die Abrichtelauge, darauf gegossen und bis zum Sieden erhitzt. Die Seife löst sich abermals zu einem klaren Leime auf, der aber zum grössten Theile aus Natronseifenleim besteht. Während des Siedens wird fortwährend Abrichtelauge zugegeben. Ehe dies aber geschieht, ist ein wiederholtes Aussalzen erforderlich. Durch das Einkochen wird die Seife immer mehr und mehr concentrirt, sie wird zuerst weich, blasenwerfend (zach) und aufsteigend. Sobald das Schäumen aufhört, die Seife aufpoltert und im Kerne siedet, schöpft man sie von Neuem von der Unterlauge hinweg in die Kühlbütte. Der Zweck dieses zweiten Siedens ist, die Seife, welche bis dahin eine schaumige Beschaffenheit besass, zu einer gleichmässig geschmolzenen und blasenfreien Masse zu vereinigen. Diese Vereinigung befördert man, indem man die Masse vor dem Erkalten mit einem eisernen Stabe schlägt (Kerben der Seife). Durch das Schlagen wird die Seife marmorirt und erhält die sogenannten Mandeln oder Blumen. Nach dem Erkalten wird die Form auseinandergenommen, die fertige Seife mittelst eines Lineals abgetheilt und mit dem aus Draht gefertigten Seifenschneider in Tafeln oder Riegel geschnitten, die zum völligen Austrocknen einem luftigen Orte ausgesetzt werden.

Zehn Centner Talg geben durchschnittlich $16^2/_3$ Ctr. Seife, die an der Luft noch um 10 pCt. eintrocknet.

Da selbst durch wiederholtes Aussalzen eine vollständige Umwandlung der Kaliseife in Natronseife nicht stattfindet, so ist die gewöhnliche deutsche Kern-

seife immer mit einer grossen Menge Kaliseife gemengt, welche ihr eine beim Gebrauch angenehme Geschmeidigkeit verleiht.

Die Baumölseife. Die Baumölseife wird in südlichen Gegenden, in denen der Oelbaum cultivirt wird, mit Baum- oder Olivenöl bereitet, zu welchem man ungefähr 5 pCt. Mohnöl gesetzt hat. Man wendet bei der Herstellung von Baumölseife zwei Arten von Lauge an; die eine davon enthält nur Aetznatron und wird zum Vorsieden benutzt; die zweite enthält neben Aetznatron noch Kochsalz und dient zum Abscheiden des Seifenleims und zum Klarsieden der Seife.

Während des Siedens setzt man etwas Eisenvitriol zu. Die gargesottene Seife erstarrt beim Erkalten zu einer homogenen blaugraugefärbten Masse, deren Farbe von Schwefeleisen (entstanden durch den zugesetzten Eisenvitriol und das Schwefelnatrium der Natronlauge) und Eisenoxydulseife herrührt. Diese bläuliche Färbung ist aber für das Auge nicht angenehm, man sucht deshalb diese Färbung in Adern hervorzubringen, was durch das Marmoriren geschieht. Die Eisenseife ist bei niedriger Temperatur in dem gargesottenen Seifenleime nicht löslich, sie scheidet sich deshalb beim ruhigen Stehen der Seifenmasse am Boden des Gefässes aus, während der obere Theil aus weisser Seife besteht. Rührt man nun die Seife, anstatt sie während des Erkaltens ruhig stehen zu lassen, zu der rechten Zeit um, so wird sich die gefärbte Eisenseife, anstatt sich am Boden abzusetzen, in der Masse verbreiten und bläuliche Adern bilden, welche man durch das Marmoriren zu erhalten sucht. Die fertige Seife wird aus dem Kessel genommen, in lange, hölzerne, etwas geneigt gestellte Formen geschöpft und in denselben erkalten gelassen. Nach acht bis zehn Tagen hat die Seife die erforderliche Consistenz erlangt. Durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft gehen das Schwefeleisen und die Eisenoxydulseife allmälig in basisch schwefelsaures Eisenoxyd und in Eisenoxydseife über, wodurch die Adern oberflächlich eine bräunlichgelbe Färbung annehmen.

Gelbe Harztalgseife. Das Colophonium und das gewöhnliche Fichtenharz verbinden sich in der Siedehitze leichter als die Fette mit Alkalien und selbst mit kohlensauren. Die auf diese Weise erhaltene Verbindung ist aber nur uneigentlich Seife zu nennen. Sie hat keine Consistenz und kann nicht ohne Nachtheil zum Einseifen gebraucht werden. Ein ganz anderes Product wird erhalten, wenn man zu dem Harze eine gewisse Menge Talg mischt; man erhält dann die sogenannte gelbe Harztalgseife.

Die in Deutschland häufig dargestellte Palmölseife ist hinsichtlich der Bereitung der Harztalgseife sehr ähnlich. Man verseift ein Gemenge von 2 Th. Talg und 3 Th. Palmöl mit Kali- oder Natronlauge auf die gewöhnliche Weise und mischt die fertige Seife mit einer Harzseife, aus 1 Th. Harz und der nöthigen Menge Kalilauge bereitet.

Gefüllte Seifen. Die Thatsache, dass dem mit Natronlauge bereiteten

Seifenleim eine gewisse Menge Wasser einverleibt werden kann, ohne ihr Aussehen wesentlich zu beeinträchtigen, hat die Veranlassung gegeben, dass die meisten Seifenfabrikanten nur noch gefüllte Seifen fabriciren. Die gefüllten Seifen sind nicht so weit ausgesalzen, dass sich die Unterlauge von dem Seifenleim abgeschieden hätte; es bleibt demnach der ganze Kesselinhalt beisammen, um als Seife verkauft zu werden. Diese Art Seife, auch Eschweger Seife genannt, erscheint in ihrem frischen, wasserreichen Zustande vollkommen hart und trocken und hat durch die geringere Quantität des verwendeten Fettes einen im Vergleich mit der Kernseife geringeren Preis, ein Umstand, der ihr zahlreiche Freunde zugeführt hat.

Man versteht es jetzt, aus 100 Pfd. Fettsubstanz über 300 Pfd. anscheinend guter und harter Seife zu erzielen; wenn nun auch die gegenwärtig im Handel vorkommenden Seifen nicht so stark gefüllt sind, so ist doch eine Production von 200—220 Th. frischer Seife aus 100 Th. Fett etwas ganz Gewöhnliches.

Namentlich das Cocosnussöl, welches seit dem Jahre 1830 in grösserer Menge in der deutschen Seifenfabrikation verbraucht wird, eignet sich zu gefüllten Seifen, indem es anderen Fetten die Eigenschaft ertheilt, gefüllte Seifen zu bilden. Der Verlauf bei der Fabrikation der Cocosnussölseife ist ein etwas anderer, als bei den vorher erwähnten Seifen. Mit schwachen Laugen bildet das Cocosnussöl nicht jenes milchartige Gemisch, das man bei andern Seifensorten bemerkt, sondern das Oel schwimmt als klares Fett obenauf, nur wenn durch fortgesetztes Sieden die Lauge die gehörige Consistenz erreicht hat, tritt die Verseifung ein und geht plötzlich und rasch vor sich. Deshalb wendet man zur Darstellung dieser Seifensorte sogleich eine starke Natronlauge an. Die Cocosnussölseife lässt sich nicht von der Unterlauge trennen, weshalb nie Kalilauge angewendet werden darf, weil sonst alles beim Aussalzen entstehende Chlorkalium mit in die Seife übergehen würde. Man muss, da hierbei eine Trennung der Seife von der Lauge nicht stattfindet, nur die genau nothwendige Menge Aetzlauge anwenden. Reine Cocosnussölseife erhärtet schnell. Sie ist weiss, alabasterartig, durchscheinend, leicht und gut schäumend, jedoch von widrigem Geruch, der bis jetzt noch durch kein Mittel entfernt werden konnte.

Gegenwärtig wird indessen das Cocosnussöl nur selten für sich, sondern als Zuzatz zu Palmöl und Talg verseift. Man kann auf diese Weise Seife ohne alles Sieden, durch blosse Erwärmung bis auf 80° C. durch Einleiten von Dampf bis zum Schmelzen des Fettes, mit starker Natronlauge und durch fleissiges Umrühren in kurzer Zeit in grosser Quantität darstellen (Seife auf kaltem Wege, chemische Seife).

Kaliseifen, weiche oder Schmierseifen. Wie oben erwähnt, bildet das Kali mit den Fetten, sowol mit den festen, als auch mit den Oelen, nur weiche Seifen (Schmierseifen), welche an der Luft nicht austrocknen, sondern aus derselben Wasser an sich ziehen und eine Gallerte bilden. In der Regel sind diese sogenannten Seifen unreine Lösungen von Kali-Oelseife in überschüssiger Kalilauge, gemengt mit dem bei der Verseifung ausgeschiedenen Glycerin. Die weichen Seifen können daher nur mit Kalilauge bereitet

werden. Das Aussalzen fällt hinweg, da sonst die weiche Seife in harte Natronseife übergeführt würde, was man nicht beabsichtigt; es erfolgt somit keine Trennung des Seifenleims von der Unterlauge, die mit all' ihren Unreinigkeiten der Seife einverleibt bleibt. In Folge der grossen Löslichkeit und der alkalischen Beschaffenheit der weichen Seife, erhält sie für gewisse Anwendungen den Vorzug vor der Natronseife, so unter Anderm zum Walken und Entfetten des Tuches und anderer Wollzeuge.

Von den Fettarten wendet man folgende an: Thran (namentlich Südseethran), Hanföl, Rüböl, Leinöl und Leindotteröl. Die Wahl der Fette richtet sich theils nach dem Preise, theils nach der Jahreszeit; im Winter verarbeitet man die sogenannten weichen oder warmen Oele, welche bei 0° noch nicht gestehen wie das Hanföl, das Lein- und Leindotteröl, das Sommerrübsenöl etc.; im Sommer dagegen die harten Oele, wie Winterrübsenöl, Südseethran und Häringsthran.

Das Sieden der weichen Seife beginnt mit einer mässig starken Lauge, wobei sich anfänglich eine Art Emulsion bildet, die nach und nach ihre trübe Beschaffenheit verliert und zugleich mehr fadenziehend wird. Das Ueberschäumen der Seife wird durch Schlagen mit einem Rührscheit (das Wehren) verhindert. Sobald alles Kali der Lauge gebunden ist, wird neue und zwar stärkere Lauge zugesetzt und mit dem Sieden fortgefahren, bis die Seife beim Erkalten nicht mehr trübe wird und zu einer klaren zähen Masse erstarrt. Nachdem das Vorsieden vorüber, beginnt das Klarsieden, durch welches das überschüssige Wasser entfernt werden soll. Früher pflegte man der Schmierseife künstlich Korn zu geben (Buntmachen der Seife); dies geschah durch Zusetzen von kleinen Würfeln von weisser Seife, von Talg, durch Zusatz von Stärkekleister, mit welchen Substanzen die Seife durch Rühren gemischt wurde, bis sich in ihr weisse Punkte oder Strahlen zeigten. Gegenwärtig giebt man der weichen Seife das Korn, wenn es von den Consumenten gewünscht werden sollte, durch Zusatz von Hammeltalg zu dem verseifenden Oel. Sobald die Seife während des Klarsiedens einen Theil des Wassers verloren hat, bemerkt man statt des blossen Aufwallens auf der Oberfläche die Bildung handgrosser Blätter, welche sich über- und ineinanderschieben (das Blättern der Seife). Nimmt eine herausgenommene Probe der Seife beim vollkommenen Erkalten auf einer Glasplatte eine so zähe Beschaffenheit an, dass sie von dem Glase abgezogen werden kann, so ist die Seife fertig.

Verschiedene andere Seifen. Andere weiche Seifen sind eine aus Schweinefett dargestellte (Savon d'axonge), welche mit dem ätherischen Oele der bittern Mandeln versetzt als Mandelseife (Crême d'amandes) bekannt ist; ferner eine in England versuchsweise fabricirte Fischseife aus Fischen, Talg und Harz; Wollseife, aus Scheerwolle, Kalilauge u. s. w. Die sogenannte Knochenseife ist nichts als ein Gemenge von gewöhnlicher Harz- oder Cocosnussölseife mit Knochengallerte. Eine andere Art

Knochenseife ist die Liverpool-Armenseife, welche sämmtliche Bestandtheile der Knochen, also nicht nur die Gallerte, sondern auch die Knochenerde enthält. Die in Stücke zerschlagenen Knochen werden mit Kalilauge erweicht und die erweichte Masse unter fortwährendem Sieden mit dem zu verseifenden Oele gemischt. Da es bei den Knochenseifen darauf abgesehen ist, dem Unbemittelten für wenig Geld ein grosses Stück Seife zu liefern, so fällt natürlicherweise bei deren Fabrikation das Aussalzen und Abscheiden von der Mutterlauge weg.

Die Kieselseife ist gewöhnliche Oel- oder Talgseife, in welche man, um sie ersparender zu machen, Kieselerde eingerührt hat. Die Kieselerde stellt man zu diesem Zwecke dar, indem man gebrannte, mit Wasser abgeschreckte Kiesel- oder Feuersteine fein pulvert und sie in einem Kessel mit überschüssiger Natronlauge behandelt. Die Lauge dient dann zum Verseifen des Fettes. Die Kieselerde ist darin keineswegs in einer chemischen Verbindung, sondern nur mechanisch beigemengt. Anstatt der Kieselerde setzt man auch gepulverten Bimsstein hinzu und erhält die Bimssteinseife (savon ponce). In England stellt man die Kieselseife dar, indem man die Kieselerde nicht mechanisch, sondern als Wasserglaslösung der Seife zumischt. Nach Versuchen von Seeber kann jedoch eine Vermischung der harten Talg- und Oelseifen mit Wasserglas nur in geringem Grade stattfinden, da bei grössern Mengen ein Aussalzen eintritt.

Toilettenseifen. Man stellt die Toilettenseifen auf dreierlei Weise dar, nämlich:

1) durch Umschmelzen von Rohseife,

2) durch die sogenannte kalte Parfümirung von fertiger, geruchloser Seife,

3) durch directe Bereitung.

Die Methode des Umschmelzens wird einfach auf diese Weise ausgeführt, dass man die feingehobelte Seife unter fortwährendem Umkrücken in einem Kessel schmilzt und nach dem vollständigen Schmelzen der Seife die Riechstoffe zusetzt und das Ganze gehörig mischt, ehe man es in die Form bringt.

Nach dem Verfahren der kalten Parfümirung wird die kalte geruchlose Seife in Riegel geschnitten, diese werden auf einer Maschine in Späne verwandelt, darauf mit den Riechstoffen übergossen, mit den Pigmenten versehen und zwischen Walzen malaxirt, bis die Seife gleichmässig gefärbt und parfümirt erscheint. Diese Maschine verwandelt die Seifenmasse in breite Tafeln von beliebiger Dicke. Die vermittelst derselben dargestellten Seifen heissen gestossene oder pilirte Seifen.

Bei der directen Bereitung der Toilettenseifen wird der aus den reinsten Materialien selbst bereiteten Seife das Aroma und das Pigment in noch weichem Zustande einverleibt.

Als Materialien wendet man an Zinnober für Roth, Ultramarin für Blau, eine Lösung von Krümelzucker in Lauge für Braun. Die pfirsichblüthfarbigen Adern, welche gewisse Sorten von englischer parfümirter Seife durchziehen, sollen durch Zusatz von etwas Weinstein zu der mit Bittermandelöl parfümirten Seife entstehen.

Die transparenten oder durchscheinenden Seifen stellt man dar, indem man in Späne geschnittene, vollkommen getrocknete Talgseife mit einem gleichen Gewicht Alkohol übergiesst und das Gemenge in einer Destillirblase erhitzt, bis die Seife gelöst ist. Darauf lässt man die geschmolzene Masse erkalten, damit alle Unreinigkeiten sich absetzen und giesst nach einigen Stunden die klare Flüssigkeit in weissblechene Formen, in welchen den Seifentafeln verschiedene Erhabenheiten aufgedrückt werden. Die Seife wird erst nach 3—4 Wochen fest und brauchbar. Zur Färbung der transparenten Seife wendet man einen alkoholischen Auszug von Cochenille und Alkanna für roth und Curcumatinctur für gelb an. Das Parfümiren geschieht sehr häufig mit Zimmetöl.

Anwendung und Wirkungsweise der Seife.

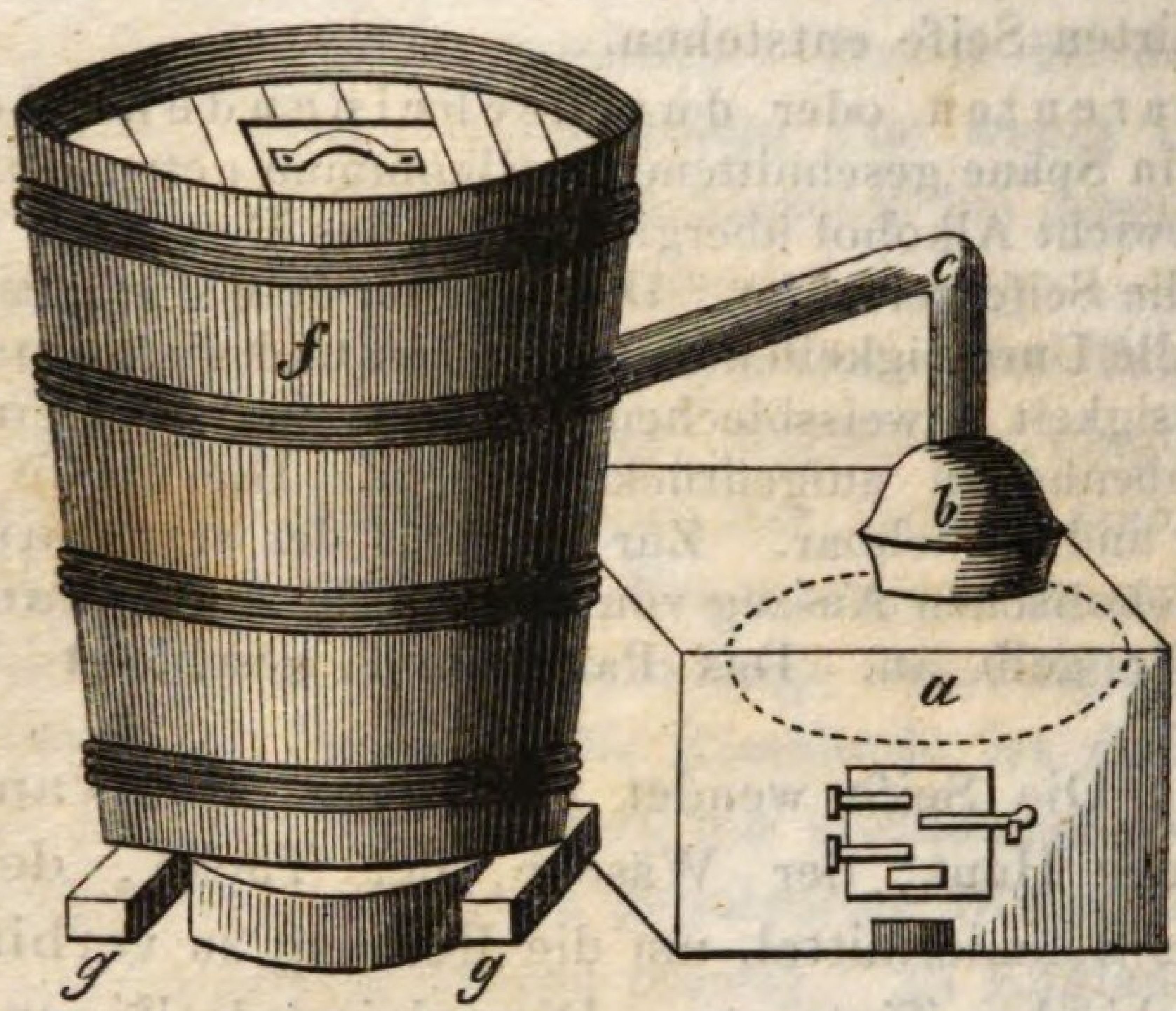
Die Seife wendet man bekanntlich an zum Reinigen der Haut, der Wäsche, der Tuche, der Wollenzeuge, zum Bleichen, als Schmiermittel, um die Reibung zu verhindern, zur Darstellung lithographischer Tinte etc. Die reinigende Eigenschaft der Seife hat man vielfach dem in ihr enthaltenen Kali zugeschrieben und die Frage, warum man nicht lieber geradezu Alkalien, kohlensaure oder ätzende, anwende, dahin beantwortet, dass freies Alkali wol im Allgemeinen zu ätzend sein möchte. Das Alkali, obwol es durch seine Verbindung mit den fetten Säuren wesentlich milder geworden ist, hat doch seine Fähigkeit nicht verloren, sich mit Schmutz mancherlei Art, namentlich mit fettigen Substanzen zu verbinden. Die chemische Erklärung dieses eigenthümlichen Verhaltens lässt sich in der von Chevreul beobachteten Thatsache finden, dass sich die neutralen Salze der Alkalien der fetten Säuren (Stearinsäure, Palmitinsäure, Oelsäure) bei ihrer Auflösung in Wasser zersetzen, wobei zweifach-fettsaures Salz sich unlöslich ausscheidet, während Alkali frei wird. Durch das freie Alkali wird die anhängende Unreinigkeit von der Faser entfernt und durch die ausgeschiedenen fettsauren Salze eingehüllt und so ein erneutes Niederschlagen derselben verhindert. Der Seifenschaum hält die Schmutztheilchen ebenfalls suspendirt. Die Fettsäuren in der Seife sind als Einhüllungsmittel und Träger der Alkalien anzusehen, wie zugleich als Schutzmittel gegen den Uebergang der Alkalien in den kohlensauren Zustand.

Dampfwäsche.

Es ist vielleicht nicht am unrechten Orte, bei Gelegenheit der Seife die Waschmethode mittelst Dampf oder die Dampfwäsche zu erwähnen. Dieselbe geschieht, indem man die eingeseifte Wäsche mit einem gleichen Gewicht Regenwasser eine Nacht lang in einem hölzernen Waschbottich weichen lässt. Den andern Morgen bringt man die Wäsche stückweise in das Fass *f* (siehe umstehende Fig. 34), in dessen Boden man vorher 4 weisse, hölzerne, $^1/_2$ Zoll starke runde Stäbe eingesetzt hat. Nachdem das Fass gefüllt ist, werden die Stäbe

herausgezogen, so dass für den Dampf vier Kanäle bleiben. Der Deckel des Fasses wird mittelst Papierstreifen und Mehlkleister lutirt. Darauf

Fig. 34.




erhitzt man das Wasser im Kessel *a* bis zum Sieden und lässt den Dampf 2 — 3 Stunden lang durch den Helm *b* und das gebogene Rohr *c* in das Fass gehen. Nachdem die Wäsche einige Zeit in dem Fasse gestanden ist, nimmt man den Deckel ab, und spült die Wäsche in Flusswasser, worauf sie getrocknet wird. Das Fass hat einen durchlöcherten Boden, unter demselben befindet sich ein Gefäss *g*. — Anstatt der Seife wendet man häufig Soda an, und nimmt auf 100 Pfund Wäsche 3 — 4 Pfund krystallisirte Soda. Man hat in der neueren Zeit gefunden, dass Terpentinöl bei Zutritt der atmosphärischen Luft durch Einwirkung auf den Sauerstoff der Atmosphäre (durch Ozonbildung) bleichende Eigenschaften erlangt. Diese Eigenschaft ist neuerdings benutzt worden, um selbst sehr schmutzige Wäsche schneller und leichter zu waschen. Man mischt 4 Loth Terpentinöl mit $^1/_2$ Loth flüssigem Ammoniak durch Schütteln und schüttet die Mischung in einen Eimer lauwarmes Wasser, in welchem sich $^1/_4$ Pfund Seife aufgelöst befindet. Die Wäsche wird in diese Mischung über Nacht eingeweicht und den andern Morgen ausgewaschen. Die zweimal ausgewaschene Wäsche riecht nicht im mindesten nach Terpentinöl und zeigt sich vollkommen weiss.

Wäschereinigungsmittel mittelst Terpentinöl.

Seifenprobe.

Die Zusammensetzung einer Seife lässt sich von dem Gewerbtreibenden auf folgende Weise bestimmen. Um die Wassermenge, die darin enthalten ist, zu erfahren, nimmt man eine gewogene Menge der in Stückchen geschnittenen Seife (ungefähr 1—1$^1/_2$ Loth), trocknet dieselbe im Wasserbade, und bestimmt aus dem Gewichtsverlust die Wasserprocente. Die Menge des Alkalis bestimmt man entweder direct durch einen alkalimetrischen Versuch nach der Titrirmethode, oder

man findet dieselbe durch Differenz. Die Menge der fetten Substanzen bestimmt man, indem man 1 Th. Seife in 15 Th. siedendem Wasser löst, die Lösung mit verdünnter Salzsäure versetzt, bis sie stark sauer reagirt, 1 Th. weisses Wachs (genau gewogen) hinzusetzt und bis zum Schmelzen des Wachses erhitzt. Der erkaltete Wachskuchen wird ausgepresst, getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme giebt die Menge der in der Seife enthaltenen fetten Substanzen. Man würde einen kleinen Fehler begehen, wollte man aus der so gefundenen Fettmasse geradezu die Menge des zur Seife verwendeten Fettes berechnen, da das Fett während des Verseifens in Fettsäure verwandelt wird, wodurch es $^1/_{20}$ an Gewicht verliert. Man erhält daher die Menge des zur Seife verwendeten Fettes, wenn man zu der gefundenen Menge den neunzehnten Theil addirt. Frische Kernseife giebt nach dieser Methode 61—68 Proc., gefüllte Seife $43^1/_5$—47 Proc. Fettmasse, doch würde eine solche gefüllte Seife schon als eine geringe zu betrachten sein. 54 Proc. Fettmasse für eine schon etwas abgetrocknete gefüllte Seife dürfte als Norm angenommen werden. Eine reine Seife muss endlich in der Wärme in Alkohol vollkommen löslich sein.

Ermittelung des Handelswerthes der Seife.

Zur Bestimmung des Handelswerthes der Seifen sind verschiedene Methoden vorgeschlagen worden. Nach Alex. Müller in Chemnitz löst man 2 — 3 Gr. Seife in einem tarirten Becherglase in 80—100 Kubikcent. Wasser durch Erwärmen im Wasserbade, und fügt nach und nach mittelst einer Bürette, 3—4 Mal mehr verdünnte Schwefelsäure hinzu, als zur Zersetzung der Seife erforderlich ist. Nach der vollständigen Abscheidung der fetten Säuren lässt man erkalten, filtrirt durch ein befeuchtetes, bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter und wäscht mit Wasser aus bis zum Verschwinden der sauren Reaction. Das Filter mit dem Inhalte wird in einem gewogenen Becherglase im Wasserbade getrocknet und gewogen, wo man sodann nach Abzug des Glases und Filters das Gewicht der Fettsäure erfährt. Die saure, von den fetten Säuren abgelaufene Flüssigkeit wird mit Lackmustinctur gefärbt und bis zur eintretenden Bläuung mit einer titrirten alkalischen Flüssigkeit (Zuckerkalk oder Natronlauge) versetzt. Aus der Differenz der auf die früher zugegossene Schwefelsäure berechneten und der bei dem letzten Versuche verbrauchten Menge der alkalischen Flüssigkeit lässt sich der Gehalt der Seife an wirksamem Alkali berechnen.

Nach Bolley zersetzt man etwa 1 Gr. der Seife in einem kleinen Becherglase mit Aether und Essigsäure, wo sich schnell zwei Schichten bilden, deren obere ätherische die fette Säure (oder Harz), die untere wässerige das essigsaure Alkali und die Salze der Seife enthält, während unlösliche Beimengungen, je nach ihrer Beschaffenheit in verschiedener Form abgeschieden werden. Mittelst einer Pipette trennt man beide Flüssigkeitsschichten genau von einander: die ätherische Lösung wird im tarirten Bechergläschen im Wasserbade verdunstet und die zurückbleibende fette Säure (oder Harz) gewogen, deren Schmelzpunkt vermittelst eines

kleinen Thermometers ermittelt werden kann. Die wässerige Schicht giebt nach dem Verdunsten und Glühen nach der gewöhnlichen Methode das Gewicht der Alkalien (des Kochsalzes und schwefelsauren Natrons).

Die Kernseifen enthalten im Durchschnitt höchstens 1,6 pCt. fremde Salze und nur Spuren von Glycerin, die gefüllten Seifen dagegen 3,5 — 5,5 pCt. an fremden Salzen und etwa 2,5 pCt. an Glycerin.

In 100 Theilen Kernseife und gefüllter Seife sind an wirksamen und unwirksamen Bestandtheilen vorhanden:

| | Kernseife. | | Gefüllte Seife. | |
|---|---|---|---|---|
| | *α) wirksame Bestandth.* | *β) unwirksame Bestandth.* | *α) wirksame Bestandth.* | *β) unwirksame Bestandth.* |
| Wasser | — | 21,9 | — | 36,6 |
| Fettsäure | 64,9 | — | 46,6 | — |
| Gebundene Alkalien | 8,2 | — | 6,6 | — |
| Freie Alkalien | 1,5 | — | 2,4 | — |
| Fremde Salze | — | 1,6 | — | 3,2 |
| Glycerin | — | — | — | 2,5 |

## Die Borsäure und der Borax.

Borsäure und Borax.

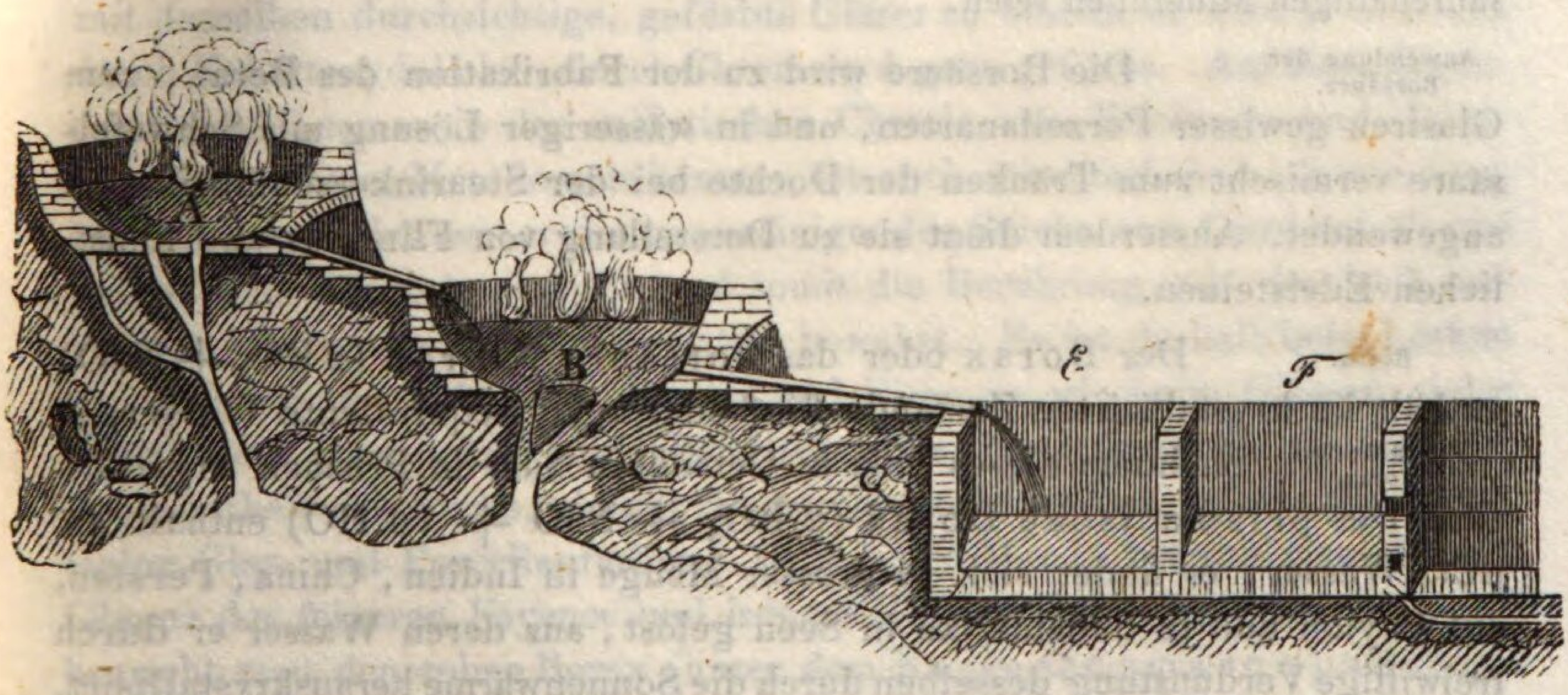
Die Borsäure ($BO_3$) ist als Hydrat ($BO_3 + 3\ HO$) ein weisser, perlmutterglänzender, krystallinischer Körper, der bis auf 100° erhitzt, die Hälfte seines Wassers verliert, während die andere Hälfte erst in der Glühhitze ausgetrieben werden kann. In der Natur findet sie sich als Sassolin ($BO_3\ 3\ HO$), in vielen Mineralien (Boracit, Tinkal, Turmalin*) in mehreren vulkanischen Gegenden, besonders in den heissen Quellen von Sasso bei Siena, auf einer der liparischen Inseln (Volcano) und vor Allem in den Lagunen von Toscana. Hoeffer und Mascagni wiesen zuerst 1776 die Gegenwart der Borsäure in diesen Gewässern nach, aber erst 1818 wurden dieselben zur Borsäurebereitung benutzt. Nahe bei der Küste entsteigen dem Boden heisse Dämpfe (Suffioni), welche Borsäure mit sich führen. Es bilden sich kleine Sümpfe, und die Ausbeute dieser Lagoni wurde für Toscana eine reiche Erwerbsquelle. Die Borsäurelagunen liegen zerstreut auf einem Raume von etwa 6 Meilen im Umfang. Seit dem Jahre 1818 wurden künstliche Lagunen angelegt, um die Borsäure der Suffioni fabrikmässig zu gewinnen. Die ersten Lagunen

*) Auch im Pflanzenreiche scheint die Borsäure vorzukommen. Wittstein und Apoiger fanden dieselbe in dem Samen von Maesa picta, einer Pflanze aus der Familie der Primulaceen. Da, wie neuere Analysen von Mineral- und Brunnenwässern, ferner von vielen Mineralien ergeben haben, die Borsäure ein sehr verbreiteter Körper ist, so hat man bei der Analyse von Pflanzen und Pflanzenaschen auch auf die Gegenwart der Borsäure Rücksicht zu nehmen.

wurden am Monte Cerboli angelegt, und so entstand das Etablissement, welches nach dem Besitzer Laderell genannt wurde. Bald darauf errichtete man noch zwei Fabriken, die eine bei Lustignano, die andere am Monte Rotondo. Durch den Erfolg ist die Zahl derselben bis jetzt auf zehn gestiegen. Die Production, welche in den Jahren 1818—28 etwa 5000 Centner betrug, stieg in einem solchen Verhältnisse, dass bereits 1846 gegen 20,000 Ctr. exportirt werden konnten.

Gewinnung derselben im Grossen. Bei der Gewinnung der Borsäure im Grossen in Toscana bringt man mehrere ausgemauerte Bassins *A*, *B* u. s. w. (Fig. 35) übereinander an, in welche so viel als möglich Suffioni münden; das oberste Bassin ist mit reinem Wasser angefüllt, aus diesem strömt es in die tieferstehenden, bis dasselbe mit Borsäure gesättigt ist. Das Wasser bleibt ungefähr 24 Stunden in jedem Bassin; das Wasser derselben wird durch die sich zuweilen heftig entwickelnden Suffioni fortwährend bewegt. Nachdem die Borsäurelösung alle Bassins durchlaufen hat, lässt man dieselbe in die Reservoirs *E* und *F* fliessen, in welchen sich die Unreinigkeiten (Thon, Gyps u. s. w.) absetzen; aus dem Reservoir fliesst die Lösung in kleinere Abdampfpfannen. Zur Heizung benutzt man in den Anlagen, welche fast alle im Handel kommende rohe Borsäure liefern, die Suffioni, welche wegen ihrer ungünstigen Lage sich nicht zur Anlegung von Lagunen eignen. Man fasst die Dampfquellen dadurch, dass man sie mit einem hölzernen Kamin umgiebt und leitet sie in gemauerten unterirdischen Kanälen unter die Abdampfbatterien. In den Pfannen setzen sich noch verschiedene Unreinigkeiten, namentlich Gyps ab. Wenn die Lösung hinlänglich concentrirt ist, so giesst man sie in mit Blei gefütterte Krystallisirgefässe, in welchen sich die Krystalle bilden, die von der Mutterlauge

Fig. 35.




befreit und in Trockenstuben, welche ebenfalls die Hitze der Suffioni erwärmt, getrocknet werden. Die auf diese Weise erhaltene Borsäure enthält 78—89 pCt. krystallisirte Borsäure, Wasser 7—5,75 pCt., Ammo-

niak, Thonerde, Kalk und organische Bestandtheile 11—19 pCt.; sie wird durch Wiederauflösen und Umkrystallisiren gereinigt. Die Darstellung der Borsäure aus dem Borax durch Zersetzen desselben mittelst Salzsäure ist nur beiläufig zu erwähnen.

Theorie der Bildung der Borsäure.

Nach Dumas und Payen entsteht die Borsäure dadurch, dass im Innern der Erde ein Lager von Schwefelbor ($BS_3$) mit Meerwasser in Berührung kommt, wodurch sich das Schwefelbor zu Borsäure und Schwefelwasserstoff zersetzt: ($BS_3 + 3\ SO = BO_3 + 3\ BH$). Allerdings ist in den Lagunen eine bedeutende Schwefelwasserstoffentwickelung zu bemerken. Durch die bei der Zersetzung entstandene Wärme soll sich ausserdem durch Zersetzung des Chlormagnesiums Salzsäure und Talkerde, und durch Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Substanzen kohlensaures Ammoniak erzeugt haben. Die bei dieser Reaction entstandene abgelagerte Borsäure wird später durch Wasserdämpfe getroffen und mit diesen fortgerissen und auf die Oberfläche der Erde gebracht. Bolley erklärt die Bildung der Borsäure und des Sassolins aus dem Verhalten des Borax zu Salmiak, da sich, eben so wie der Borax, auch der Boracit, Datolith, Turmalin und Axinit verhält. In vulkanischen Gegenden ist bekanntlich das Vorkommen des Salmiaks etwas sehr Gewöhnliches, es bedarf daher nur zur Borsäurebildung des gleichzeitigen Vorkommens eines solchen Minerals. Bei überschüssigem Salmiak wird nämlich der Borax vollständig in Chlornatrium und Borsäure zerlegt, wahrscheinlich geschieht dasselbe auch bei den anderen Borsäureverbindungen: ($NaO, 2\ BO_3 + NH_4\ Cl = 2\ BO_3 + Cl\ Na + NH_4\ O$). Das von Payen wahrgenommene Vorkommen von Ammoniak in den Dämpfen am Monte Rotondo in Toscana spricht allerdings für die Ansicht Bolley's. Nach einer anderen Ansicht (von Wagner und Becchi), die grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat, befindet sich im Innern der Erde Borstickstoff (BN), der durch heisse Wasserdämpfe in Borsäure und Ammoniak zerlegt wird ($BN + 3\ HO = BO_3 + NH_3$). Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch durch die Zerlegung borsäurehaltiger Gesteine durch Salzsäure oder Schwefelsäure in vulkanischen Gegenden sich Borsäure bilden kann. G. Bischof ist der Ansicht, dass die Borsäure in den Suffioni von Toscana und auf Volcano von der Zersetzung borsaurer Salze in der Tiefe herrühre, und glaubt, dass die Turmaline die hauptsächlichsten primären borsäurehaltigen Mineralien seien.

Anwendung der Borsäure.

Die Borsäure wird zu der Fabrikation des Borax, zum Glasiren gewisser Porzellanarten, und in wässeriger Lösung mit Schwefelsäure vermischt zum Tränken der Dochte bei der Stearinkerzenfabrikation angewendet. Ausserdem dient sie zu Darstellung von Flintglas und künstlichen Edelsteinen.

Borax.

Der Borax oder das borsaure Natron ($2\ BO_3 + NaO$) enthält im krystallisirten Zustande fünf oder zehn Aequivalente Wasser, je nachdem dieses Salz in Octaedern oder in Prismen krystallisirt.

Prismatischer Borax.

Der prismatische Borax ($2\ BO_3 + NaO + 10\ HO$) enthält 47 pCt. Wasser; er findet sich in grosser Menge in Indien, China, Persien, auf Ceylon und in Südamerika in Seen gelöst, aus deren Wasser er durch freiwillige Verdunstung desselben durch die Sonnenwärme herauskrystallisirt. Besonders berühmt ist der See Teschu Lumbu in Gross Thibet. Der auf diese Weise erhaltene Borax wurde früher in grosser Menge unter den Namen Tinkal oder Pounxa in Europa eingeführt; er erschien in kleinen Kry-

stallen, die viele Unreinigkeiten, namentlich eine fette Substanz, mit sich führten. Die Raffinirung des rohen Borax geschah in Venedig und später in Holland, bis im Jahre 1818 die Fabrikation vermittelst natürlicher Borsäure und kohlensauren Natrons begann, welche den Preis des Borax um $^3/_4$ erniedrigte. In Frankreich sättigt man eine concentrirte Sodalösung mit Borsäure in der Siedehitze (10 Th. natürliche Borsäure auf 12 Th. krystallisirte Soda) und lässt die Lösung in bleiernen Kästen krystallisiren. Die während der Sättigung sich entwickelnden Gasarten enthalten ausser Kohlensäure Ammoniak; um letzteres zu gewinnen, leitet man in einigen Fabriken die Gase in verdünnte Schwefelsäure, und erhält durch Abdampfen der Lösung schwefelsaures Ammoniak. Der durch wiederholtes Umkrystallisiren gereinigte prismatische Borax ist von süsslichem Geschmack und löst sich in 12 Th. siedendem Wasser; an trockner Luft aufbewahrt verliert er seine Durchsichtigkeit; über 100° erhitzt, bläht er sich auf, verliert sein Krystallwasser und verwandelt sich endlich in eine weisse, schwammige Masse, die bei höherer Temperatur zu einer durchsichtigen Masse (dem Boraxglas) schmilzt. — Der octaedrische Borax ($2\ BO_3 + NaO + 5\ HO$) enthält 31 pCt. Wasser; man erhält ihn, indem man eine concentrirte siedende Lösung von 30° B. in die Krystallisirgefässe bringt; der octaedrische Borax fängt ungefähr bei 79° an sich auszuscheiden. Bei 56° muss die über den Krystallen stehende Flüssigkeit abgegossen werden, weil sich ausserdem prismatischer Borax bilden würde. Der octaedrische Borax ist dem prismatischen in jeder Beziehung vorzuziehen, weit fester, beständiger, enthält weit weniger Wasser, schmilzt leicht und bläht sich während des Schmelzens weit geringer auf als der prismatische Borax. An feuchter Luft oder in Wasser nimmt der octaedrische 5 Aequivalente Wasser auf und geht in den prismatischen über. Geschmolzener Borax hat die Eigenschaft, bei hoher Temperatur Metalloxyde zu lösen und mit denselben durchsichtige, gefärbte Gläser zu bilden, so wird z. B. Borax durch Kobaltoxydul blau, durch Chromoxyd grün gefärbt. Auf diese Eigenschaft, welche man in der analytischen Chemie zum Erkennen und Unterscheiden gewisser Metalloxyde benutzt, ist auch seine technische Anwendung zum Löthen basirt, wo er die zu vereinigenden Stücke vom Oxyd befreit und reinigt und indem er einhüllt und somit die Berührung mit der Luft verhindert, die Stücke vor der Oxydation bewahrt. Er ist deshalb beim Löthen von Gold, Silber, Messing, Kupfer und Eisen so wie beim Giessen vieler Metalle ein unentbehrliches Hülfsmittel. Der Borax ist ferner ein häufiger Bestandtheil des Strass, einiger Glassorten und Emaillen, so wie überhaupt vieler Glas- und Porcellanfarben. In grösster Menge benutzt man ihn zur Glasur der feineren Fayence und irdener Thonwaaren. In Südamerika gebraucht man den rohen Borax (unter dem Namen Quemason) als Flussmittel bei dem Kupferschmelzen; in der Schweiz findet der Borax zum Entschälen der Seide Anwendung. Der Borax bildet mit Schellack (in dem Verhältniss von 1 Th. Borax auf 5 Th. Harz) einen in Wasser lös-

Octaedrischer Borax.

Anwendung des Borax.

lichen Firniss. In der Zeugdruckerei und Färberei wendet man ihn zuweilen zur Fixation von mineralischen Mordants an.

Bordiamant. Wöhler und Deville haben in neuerer Zeit nachgewiesen, dass das dem Kohlenstoff so überaus nahe stehende Bor ebenso wie der Kohlenstoff in drei allotropischen Zuständen aufzutreten vermag, nämlich krystallisirt (diamant- und graphitähnlich) und amorph.

Das krystallisirte Bor oder der Bordiamant wird auf zweierlei Weise dargestellt, nämlich durch Reduction von geschmolzener Borsäure mit Aluminium ($2 BO_3 + 2 Al = Al_2 O_3 + 2 B$) oder durch Ueberführen von amorphem Bor in krystallisirtes. Man bringt ein Gemenge von wasserfreier Borsäure mit Natrium in einen bis zum Glühen erhitzten Tiegel von Gusseisen, schüttet darauf Kochsalz und bedeckt den Tiegel. Sobald die Reaction vorüber ist, rührt man die Masse, welche das reducirte amorphe Bor in einem geschmolzenen Gemenge von Borsäure, Borax und Kochsalz vertheilt enthält, mit einem eisernen Stabe um und giesst sie dann in mit Salzsäure angesäuertes Wasser. Man filtrirt das Bor ab, wäscht es mit salzsäurehaltigem Wasser und lässt es auf porösen Steinen bei gewöhnlicher Temperatur trocknen.

Geschmolzenes Eisen führt bekanntlich amorphen Kohlenstoff in krystallinischen (in Graphit) über; auf ähnliche Weise wird durch schmelzendes Aluminium amorphes Bor in krystallisirtes verwandelt. Man verfährt dabei auf folgende Weise: Ein kleiner hessischer Tiegel wird mit amorphem Bor angefüllt, dann wird bis zu einer gewissen Tiefe ein Loch ausgebohrt und in dieses gestellt. Man setzt den Tiegel darauf einer Temperatur aus, welche hinreicht, um Nickel zu schmelzen. Nach dem Erkalten sind gewöhnlich schon an der Oberfläche des Aluminiums schöne Borkrystalle zu bemerken. Man löst die Masse in verdünnter Salzsäure auf, wobei alle eingeschlossenen Borkrystalle zum Vorschein kommen.

Die Bordiamanten sind durchsichtig, bald granatroth, bald honiggelb, im vollkommen reinen Zustande jedoch vollkommen farblos und von grossem Lichtbrechungsvermögen, Glanz und einer Härte, welche der der Diamanten gleich ist oder dieselbe noch übertrifft; die Krystalle ätzen den Korund mit Leichtigkeit, greifen selbst den Diamant etwas an.

## Der Kalk.

Vom Kalk. Der Kalk gehört in seiner Verbindung mit Kohlensäure, als kohlensaurer Kalk $CaO, CO_2$ zu den in der Natur am häufigsten vorkommenden Substanzen. Diese Substanz findet sich in allen drei Reichen, sie macht einen Bestandtheil der Knochen der Wirbelthiere aus, sie bildet ferner die Hauptmasse der Schalen der Mollusken, Strahlthiere und den kalkigen Ueberzug vieler Wassergewächse, z. B. der aus der Gattung Chara. In der grössten Menge kommt sie jedoch im Mineralreiche als Marmor, Kalkspath, Arragonit, Kreide und Kalkstein vor. Technische Anwendung finden im unveränderten Zustande von diesen Mineralien der Marmor zu Bildhauerarbeiten und in den Fabriken künstlicher Mineralwässer zum Entwickeln von Kohlensäure, der Kalkspath zum Ausbringen der Erze auf Schmelzhütten, der Doppelspath, eine Varietät des Kalkspathes, bei gewissen optischen Instrumenten, die Kreide als Farbe- und Schreibmaterial und der Kalkstein als Bau- und Pflastermaterial. Der

Kalkstein ist häufig mit Thon, Eisen- und anderen Metalloxyden gemischt und deshalb sehr verschieden gefärbt. Der lithographische Stein ist ein gelblichweisser, schiefriger Kalkstein, der zu Solenhofen und Pappenheim in Bayern vorkommt, und wie es schon sein Name andeutet, zur Lithographie angewendet wird. Ein mit organischen Substanzen — wahrscheinlich Rückständen zerstörter thierischer Organe — gemengter Kalk ist der Stinkstein, der beim Reiben oder Schlagen einen bituminösen Geruch entwickelt. Er ist gewöhnlich von rauchgrauer Farbe. Die Kreide oder der erdige kohlensaure Kalk bildet ausgedehnte, mächtige Lager im nördlichen Deutschland, in England, Dänemark und Frankreich. Ehrenberg hat nachgewiesen, dass die Kreide aus kalkigen Infusorienpanzern besteht. Hierher gehört ferner der Mergelkalkstein, welcher sich durch seinen Gehalt an Thon auszeichnet; wir werden auf denselben später zurückkommen. Mit kohlensaurem Natron bildet der kohlensaure Kalk den Gay-Lussit ($CaO, CO_2 + NaO, CO_2$), mit kohlensaurem Baryt den Baryto-Calcit ($CaO, CO_2 + BaO, CO_2$) und mit kohlensaurer Talkerde den Bitterspath oder Dolomit ($CaO, CO_2 + MgO, CO_2$); im letzteren Mineral, dem Dolomit, kann der Talkerdegehalt so steigen, dass 3 Aequivalente desselben auf ein Aequivalent kohlensauren Kalk vorhanden sind.

Eigenschaften. Der kohlensaure Kalk, gleichviel in welcher Form, ist im reinen Wasser nicht, wohl aber im kohlensäurehaltigen löslich, indem sich doppelt kohlensaurer Kalk bildet. Wenn diese Lösung durch Verdunsten die Hälfte ihrer Kohlensäure verliert, so setzt sich der nun wieder unlöslich gewordene kohlensaure Kalk wieder ab und erhält, je nach der dabei annehmenden Form, verschiedene Namen. Der sich absetzende kohlensaure Kalk erscheint häufig in den sogenannten Tropfsteinhöhlen in krystallinischen Zapfen (Stalactiten und Stalagmiten). Kalksinter wird der krystallinisch blätterige Ueberzug genannt, der als kalkige Inkrustation vorkommende Kalktuff. Wird kohlensaurer Kalk in einer verschlossenen Porcellanröhre heftig und anhaltend erhitzt, so schmilzt derselbe und erstarrt nach dem Erkalten zu einer krystallinischen Masse von unverändertem kohlensauren Kalk. Erhitzt man aber kohlensauren Kalk bei nicht abgeschlossener Luft, so wird die Kohlensäure ausgetrieben und es bleibt Aetzkalk ($CaO$) oder gebrannter Kalk zurück. Der gebrannte Kalk ist diejenige Form, unter der der Kalk zu den meisten gewerblichen Zwecken geschickt ist.

Brennen des Kalkes. Das Brennen des Kalkes geschieht

a) in Meilern,
b) in Feldöfen,
c) in Kalköfen.

Das Kalkbrennen in Meilern geschieht auf die Weise, dass man die Kalksteine, ohne sie vorher in kleinere Stücke zu zerschlagen, in Haufen schichtet und dieselben ähnlich wie bei der Meilerverkohlung des Holzes behandelt. Der Meiler wird mit Erde oder Rasen bedeckt und

das Feuer so geleitet, dass die grossen Kalkstücke auch im Innern gehörig gebrannt sind. Behufs der Regulirung des Luftzuges, des Anzündens, des Bewerfens, des Schürens, des Zubrennens und Abkühlens verfährt man genau auf dieselbe Weise wie bei der Meilerverkohlung.

In den Feldöfen, den Meilern ähnlich, stellt man die grössern Stücke des zu brennenden Kalkes so zusammen, dass sie eine Zündgasse bilden und schüttet die kleinen Stücke auf die grössern. Es ist leicht einzusehen, dass das Brennen des Kalkes in Meilern und in Feldöfen nur in den wenigsten Fällen Anwendung finden kann. Man bedient sich daher zum Brennen des Kalkes fast überall besonders zu diesem Zwecke construirter Oefen, Kalköfen. Die Gestalt der Oefen ist eine sehr verschiedene. Meist sind sie cylindrisch oder eiförmig.

Man theilt die Kalköfen ein:

a) in solche mit unterbrochenem Gange (periodische Oefen),

b) in Oefen mit ununterbrochenem Gange (continuirliche Oefen).

Die Oefen mit unterbrochenem Gange lässt man nach beendigtem Brennen erkalten, um den Kalk auszuziehen, in den continuirlichen Oefen geht das Brennen ununterbrochen fort, da die Construction des Ofens ein Ausziehen des gebrannten Kalkes und ein fortwährendes Nachfüllen von frischem Kalke gestattet.

Die Oefen mit unterbrochenem Gange haben entweder einen Rost, meist sind sie aber nicht mit einem solchen versehen. Fig. 36 und 37 zeigen zwei periodische Kalköfen ohne Rost von der

Fig. 36.

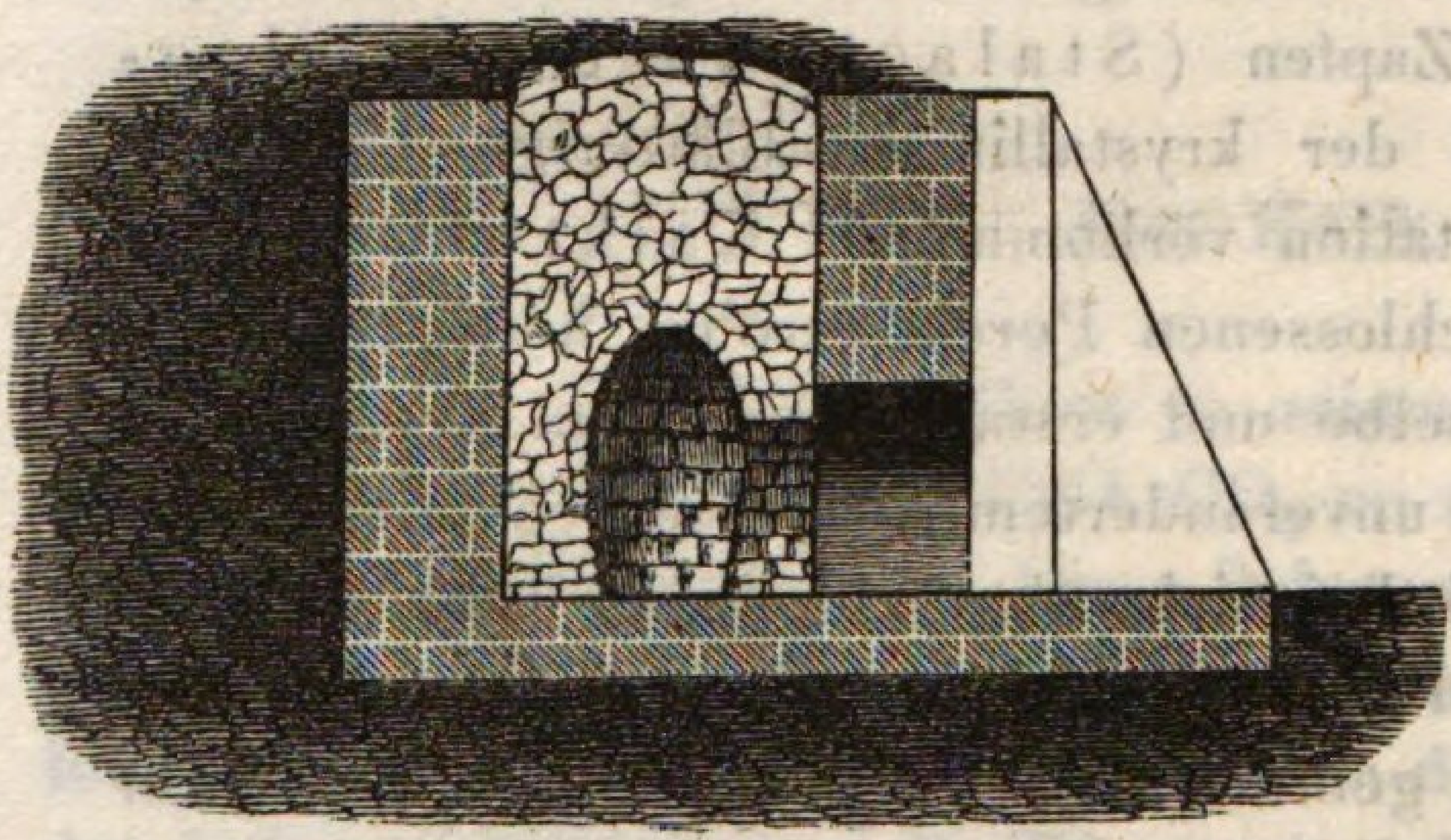
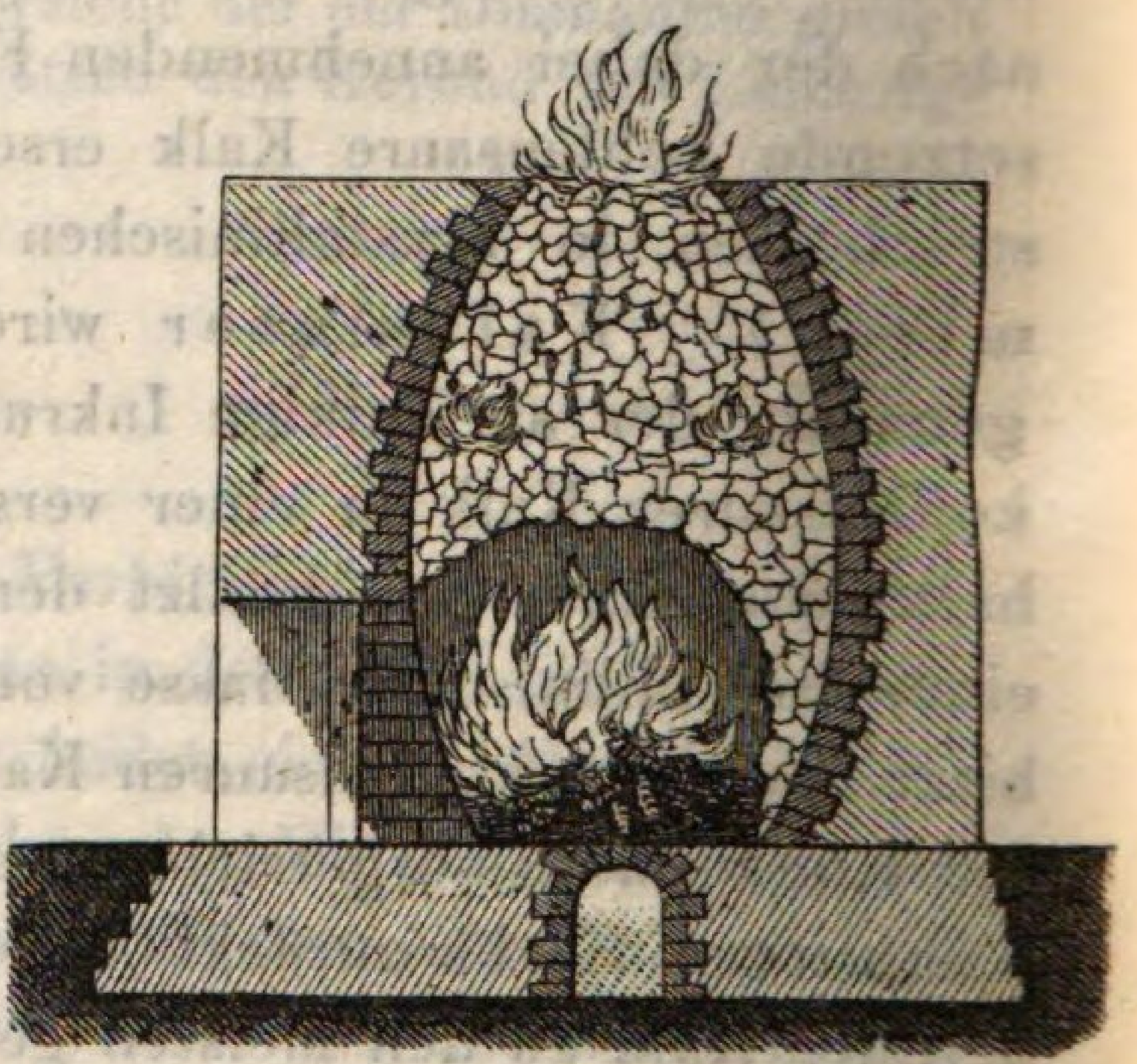


Fig. 37.



gewöhnlichsten Construction. Man baut sie entweder in einen Hügelabhang oder am zweckmässigsten in den Abhang des Kalksteinbruches selbst hinein. In der Regel baut man mehrere Oefen nebeneinander, so dass eine Mauer zweien Oefen gemeinschaftlich ist. Soll in dem Ofen Kalk gebrannt werden, so baut man aus den grössten Kalksteinen, die zu diesem Zwecke ausgesucht werden, ein spitzbogenartiges Gewölbe von 4—5 Fuss Höhe, wozu man sich einer Brettlehre zur vorläufigen Unterstützung bedienen kann; dieses Gewölbe dient als Feuerraum, auf welchen man durch

die Gicht die übrigen Kalksteine schüttet und dadurch den Schacht anfüllt. Durch die Heizöffnung wird nun mit einem leicht entzündlichen Brennmaterial (Reisigholz, Haidekraut, Späne) der Ofen allmälig angewärmt und ein dumpfes Rauchfeuer unterhalten. Durch diese „Räucherung“ bezweckt man die allmälige Erwärmung der Steine, wodurch dem Zerbersten der grossen, das Gewölbe bildenden Steine und dem Herabsinken der ganzen, den Schacht erfüllenden Steinmasse vorgebeugt wird. Allmälig wird das Feuer verstärkt, die berussten Steine nehmen nach und nach eine hellere Farbe an und die aus der Gicht herausbrennenden Flammen werden russfrei und hell. Sobald der Kalkstein unter der Decke als eine weissglühende, lockere Masse erscheint und der Inhalt des Ofens etwa um $^1/_6$ zusammengesunken ist, sieht man das Brennen als beendigt an, worauf der Kalk aus dem Ofen entfernt und ein neuer Brand begonnen wird. Ein Brand dauert in der Regel 36—48 Stunden.

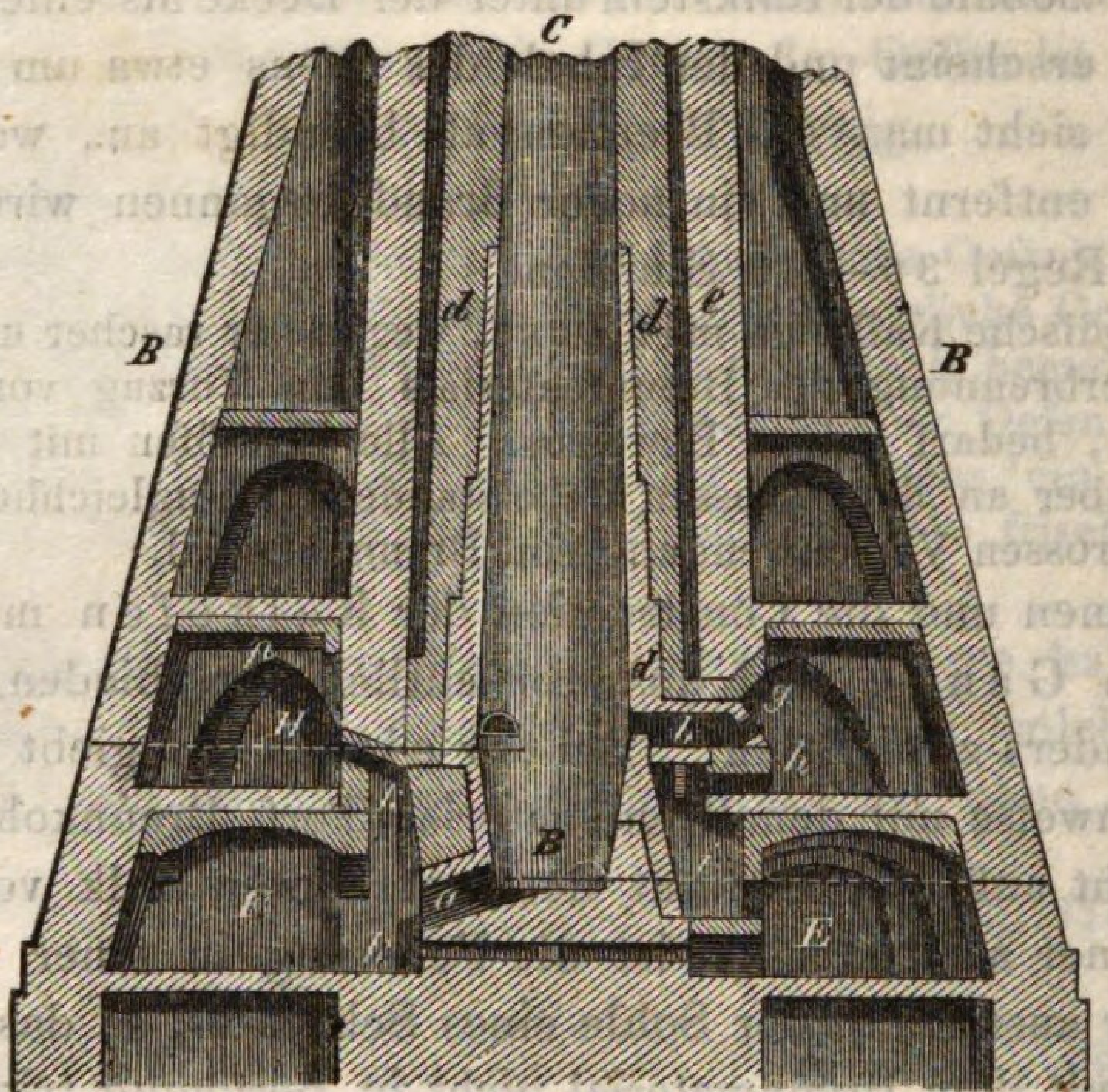
Dass periodische Kalköfen mit Rost, wegen der rascher und vollständiger erfolgenden Verbrennung des Brennmaterials den Vorzug vor solchen ohne Rost verdienen, bedarf keines Beweises. Alle Kalköfen mit unterbrochenem Gange leiden aber an dem grossen Uebelstande der Ungleichheit des Garbrennens und der grossen Verschwendung von Brennmaterial.

Die Formen und die Construction der Kalköfen mit ununterbrochenem Gange sind ausserordentlich verschieden. Man unterscheidet besonders zwei Arten. Bei der einen Art giebt man den Kalkstein schichtenweise mit dem Brennmaterial (Torf, Braunkohle, Steinkohle) durch die Gicht auf und entfernt den gebrannten Kalk von Zeit zu Zeit unten; bei einer andern Art ist die Feuerung in einer gewissen Höhe über und zwar ausserhalb der Sohle eines Schachtes, so dass der Kalkstein in dem Ofen mit dem Brennmaterial nicht in Berühung tritt, sondern nur durch dessen Flamme erhitzt wird. Sobald durch die an der Ofensohle befindliche Abzugsöffnung der Kalk herausgezogen wird, so sinkt der oberhalb der Feuerungen vorhandene Kalk nach, und es wird durch die Gicht wieder frischer Kalkstein eingetragen.

Einen Ofen mit ununterbrochenem Gange wendet man in Rüdersdorf bei Berlin an (Fig. 38 siehe nächste Seite), wo ein Gebirge von Muschelkalkstein aus dem Gebirge hervorragt. Der Schacht des Kalkofens besteht aus der aus feuerfesten Steinen aufgeführten Futtermauer *d* und der Rauhmauer *e*, welche durch die Füllung eines mit Asche, Bauschutt u. s. w. angefüllten Raumes getrennt sind. Diese Füllung soll auf der einen Seite die Wärme besser zusammenhalten, auf der andern Seite die Ausdehnung des Futters durch die Wärme compensiren. Die äussere Mauer *BB* ist kein wesentlicher Theil des Ofens; sie bildet nur die zum Holztrocknen, zum Aufbewahren des Kalkes, zum Aufenthalt der Arbeiter u. s. w. dienenden Gallerien *HF* u. s. w. Während des Ganges des Kalkofens ist der untere Raum *B* des Schachtes mit gargebranntem Kalke angefüllt, welcher durch die vier Zugöffnungen *aa* an der Schachtsohle von Zeit zu Zeit gezogen wird. Um dies zu erleichtern, wird die Schachtsoole durch eine gebrochene Fläche

gebildet, deren abhängige Seiten die Kalkstücke nach den Zugöffnungen hinleiten. Der Schacht hat ungefähr eine Höhe von 38 Fuss. Etwa in einer Höhe von 12 Fuss über der Schachtsohle befinden sich die Feuerungen *h* für Torf oder Holz, welche zu drei oder fünf um den Ofen herum angebracht sind und mit Aschenfall *i* und Rost versehen sind. *E* ist ein grösserer Aschenbehälter, in welchen die Asche aus *i* von Zeit zu Zeit geschafft wird. Die Flamme gelangt durch den Fuchs *b* in den Schacht. Der von

Fig. 38.




den Ziehöffnungen vertikal in die Höhe gehende Kanal *k* führt in das Gewölbe *H*; er hat die Bestimmung, den Arbeiter vor der Hitze zu schützen, indem die erhitzte Luft sofort nach *H* geleitet wird. Die Kalköfen erhalten ihren Namen nach der Anzahl der Feuerungen, als drei-, vier- oder fünfschürige Oefen.

Soll der Ofen in Gang gebracht werden, so nimmt man vor der Hand auf die seitlichen Feuerungen keine Rücksicht, sondern bringt Holz in den Schacht und füllt ihn dann mit Kalkstein bis zum Fuchse *b*. Nachdem das Holz verbrannt ist, hat der Ofen die zur Herstellung eines guten Zuges erforderliche Erwärmung angenommen, man füllt ihn nun mit Kalkstein und bringt auf die Roste der Feuerungen Torf. Durch die Flamme der Feuerungen, welche durch die Füchse *b* in den Ofen zieht, findet das Brennen des Kalksteines in dem Schachte statt, welcher bis oben hinauf damit gefüllt ist, sodass sogar auf der Gicht noch ein etwa 4 Fuss hoher Kegel von Kalksteinen aufgesetzt ist. Ist der obere Kalk gargebrannt, so wird der unter den Feuerungen befindliche gezogen, der obere sinkt nach, es wird ein neuer Kegel von Kalksteinen auf die Gicht gebracht

und das Brennen des Kalksteines wird so lange fortgesetzt, als der Ofen aushält.

Die Nebenbestandtheile des rohen Kalksteins sind auf die Eigenschaften des gebrannten Kalksteins von grossem Einflusse. War der angewendete Kalkstein ziemlich reiner kohlensaurer Kalk, so erhitzt er sich beim Uebergiessen mit Wasser bedeutend und bildet damit einen fetten Brei. Solchen Kalkstein nennt man **fetten Kalk**. In dem Grade aber, als sich der Kalkstein in seiner Zusammensetzung dem **Dolomit** ($CaO, CO_2 + MgO, CO_2$) nähert und magnesiahaltig wird, wird der nach dem Uebergiessen mit Wasser entstehende Brei kürzer; einen solchen magnesiahaltigen Kalk nennt man **magern Kalk**. Bei einem Magnesiagehalt von 10 Proc. ist das Magerwerden schon deutlich zu bemerken, bei 25—30 Proc. ist der Kalk bereits unbrauchbar.

Der Kalk ist, so wie er aus dem Kalkofen kommt, nicht gleichmässig gar gebrannt, einzelne Stücke wurden zu wenig erhitzt und halten in der Mitte noch einen Kern von rohem Kalkstein (sie sind nur ausgebrannt), andere Stücke haben dagegen eine zu starke Erhitzung erlitten und heissen dann **todtgebrannt**. Das Todtbrennen des Kalks liegt entweder daran, dass durch zu kurze und plötzliche Hitze **halbkohlensaurer Kalk** ($CaO, CO_2 + CaO, HO$) oder halbgebrannter Kalk gebildet worden ist, welcher nach der Meinung der Kalkbrenner nicht mehr gar gebrannt werden kann (die künstlich dargestellte Verbindung verliert beim stärkeren Glühen alle Kohlensäure), oder dass durch zu hohe Temperatur die nie in den Kalksteinen fehlende Kieselerde und Thonerde mit dem Kalk auf der Oberfläche zusammengesintert sind. Die Asche des Brennmaterials ist auch zuweilen die Ursache des Todtbrennens des Kalksteins. Durch das angehende Zusammensintern wird verhindert, dass der gebrannte Kalk mit Wasser einen Brei bildet.

Wird gebrannter Kalk mit Wasser übergossen, so nehmen 100 Th. Kalk ungefähr 32 Th. Wasser auf: ($CaO = 28$) nehmen auf ($HO = 9$), der Kalk erhitzt sich dabei bis auf $150^0$ und zerfällt endlich zu einem vollkommen weissen Pulver, welches ein dreimal grösseres Volumen einnimmt als der Kalkstein vorher. Diese Operation heisst das **Löschen des Kalkes**.

Löschen des Kalkes. Bei dem Löschen des Kalkes ist es wesentlich, die möglichst grosse Vertheilung und Volumenvergrösserung zu erzielen. Wird der gebrannte Kalk nur mit so viel Wasser befeuchtet, als er bedarf, um in Hydrat überzugehen, so zerfällt er unter Freiwerden von Wärme zu einem feinen Pulver, welches sich scharf anfühlt. Nimmt man noch weniger Wasser, so erhält man ein sandiges Pulver, welches mit Wasser einen schlechten Kalkbrei giebt. Es ist deshalb nicht vortheilhaft, den gebrannten Kalk in einem Korbe auf kurze Zeit in Wasser unterzutauchen, so dass er sich zu Pulver löscht, und dann mit Wasser zu einem Brei an-

zurühren; er vergrössert dabei sein Volumen nicht bedeutend, er wächst oder gedeiht schlecht.

Nachdem der Kalk mit der dreifachen Gewichtsmenge Wasser gelöscht worden ist, verdünnt man ihn mit einer gleichen Menge Wasser, sumpft ihn ein, d. h. man lässt ihn in die Kalkgrube ablaufen, deren Wände genügend porös sein müssen, um ein schnelles Durchsickern des überschüssig zugesetzten Wassers zu gestatten.

Das Einsumpfen bietet mehrere Vortheile, einmal wird der Kalkbrei mit der Zeit noch fetter und speckiger, indem die in dem frischgelöschten Kalke immer noch sich findenden unaufgeschlossenen Theile durch die Einwirkung des Wassers mit der Zeit sich zertheilen, das andere Mal kann man den Kalkbrei längere Zeit in diesen Gruben aufbewahren, ohne dass Bildung von kohlensaurem Kalk eintritt; gewöhnlich wird die Oberfläche des Kalksumpfes mit Brettern überlegt und auf diese einige Zoll hoch frischer Sand geschüttet. Das Einsumpfen hat aber noch einen weiteren Nutzen: indem nämlich durch das in den Boden abziehende Wasser ein Auslaugen des Kalkes stattfindet, werden die Salze der Alkalien, die immer in kleiner Menge in den Kalksteinen vorkommen, entfernt und dadurch ein Auswittern derselben aus den später damit aufgeführten Mauern verhütet.

Eine eigenthümliche Art der Löschung des Kalkes ist das Trockenlöschen, wobei man den gebrannten Kalk mit Sand bedeckt und letzteren benetzt und darauf achtet, dass an keiner Stelle der Kalk ohne Sand mit der Luft in Berührung komme.

Der gelöschte Kalk hält das Wasser mit solcher Hartnäckigkeit zurück, dass bei 250—300° noch kein Gewichtsverlust stattfindet. In Wasser fein zertheiltes Kalkhydrat bildet den Kalkbrei, welcher mit Wasser verdünnt die Kalkmilch liefert. Letztere giebt durch Filtriren das Kalkwasser, eine gesättigte Lösung von Kalk in Wasser, welche auf 500—700 Th. Wasser 1 Th. Kalkhydrat enthält. An der Luft absorbirt der Kalk nach und nach Kohlensäure, deshalb pflegt man gelöschten Kalk, wenn derselbe in grösseren Quantitäten vorräthig gehalten werden muss, vor der Luft geschützt in Gruben aufzubewahren. Das Kalkwasser reagirt alkalisch; diese Reaction rührt theils von dem Kalke, theils davon her, dass die meisten Kalksteine Kochsalz und kieselsaures Alkali enthalten, welches durch die Einwirkung des Aetzkalkes in ätzendes Alkali übergeht.

Anwendung des Kalkes.

Die Anwendung des gebrannten Kalkes ist eine überaus mannigfache und gründet sich in allen Fällen darauf, dass der Kalk eine starke Base ist, welche überall und wohlfeil erhalten werden kann und durch einfaches Begiessen mit Wasser in denjenigen Zustand der Zertheilung übergeht, in welchem allein der Kalk in der Technik Anwendung finden kann. Seiner grossen Verwandtschaft zur Kohlensäure wegen wird er zur Darstellung des Aetzkalis und Aetznatrons aus den kohlensauren Alkalien verwendet. Der gelöschte Kalk dient ferner zur Darstellung des Ammoniaks aus dem Salmiak, des unterchlorigsauren Kalkes (Chlorkalk), zum Ausfällen der Magnesia aus der Mutterlauge der Salinen, zum Reinigen des Leuchtgases von Kohlensäure und theilweise auch von Schwefelwasserstoffgas, zum Einkalken des Getreides vor dem Säen, zur

Raffination des Zuckers und zur Abscheidung des Zuckers aus dem Rübensafte, in der Sodafabrikation zum Zersetzen des Schwefelnatriums, in der Gerberei zum Enthaaren der Häute, in der Bleicherei zum Beuchen der Baumwollgewebe, in der Färberei zur Bereitung der Indigküpen, als Zusatz zum Glase, in der Fabrikation der Stearin- und Palmitinkerzen, zur Herstellung von Kitt mit Caseïn, als Polirmittel und in der Ausbringung der Metalle als schlackebildender Zusatz. Die Eigenschaft des Kalkes, vor dem Knallgasgebläse (einem mit einem Gemenge von 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoff gespeisten Gebläse) ausserordentlich lebhaft zu leuchten, benutzt man als Signallicht auf Leuchtthürmen, bei geodätischen Operationen, zum Beleuchten der Objecte unter dem Mikroskop u. s. w. Die wichtigste Anwendung des Kalkes ist ohne Zweifel die zur Bereitung von Mörtel.

## Der Mörtel.

Mörtel. Unter Mörtel oder Speise versteht man mit Sand oder mit einem sandartigen Zusatze gemengten Kalkbrei, welcher theils zur Vereinigung von Bausteinen, theils als Abputz dient. Der gewöhnliche Mörtel heisst Luftmörtel, der unter Wasser erhärtende und daher zu Wasserbauten sich eignende Mörtel wird hydraulischer Mörtel oder Wassermörtel genannt.

### Der Luftmörtel.

Luftmörtel. Wenn gelöschter Kalk an der Luft sich selbst überlassen bleibt, so trocknet er nach und nach unter Kohlensäureabsorption aus, wobei er stark schwindet und viele Risse bekommt. Wird hierbei die Luft abgehalten und zugleich ein angemessener Druck angebracht, so erlangt das Kalkhydrat nach dem Trocknen Marmorhärte. Das Kalkhydrat wäre demnach schon für sich geeignet, die Bausteine zu verbinden, wenn sie ebene Flächen hätten. Da die Bausteine aber auf ihrer Oberfläche sehr grosse Unebenheiten haben, welche zum Verschwinden gebracht werden müssen, so wären dicke Lagen von Kalkbrei anzubringen, die beim Austrocknen schwinden und Klüfte bekommen würden. Um Letzterem vorzubeugen, um ferner den Verbrauch an Kalk zu verringern, versetzt man den Kalkbrei mit Sand und ähnlichen Körpern, die mit ihm ein festes Conglomerat, zum Theil unter Umständen auch eine chemische Verbindung bilden, die mit den Bausteinen ein Ganzes bildet.

Man bereitet den Luftmörtel gewöhnlich mit dem bereits eingesumpften gelöschten Kalke, der, wenn es erforderlich erscheint, unter Zusatz von Wasser mit dem Sande innig vermengt wird, so dass in dem entstehenden Mörtel keine Kalkklümpchen mehr wahrgenommen werden können. Als Zuschlag braucht man zum Mörtel nur Sand. Man zieht

den eckigen und kantigen Sand dem runden vor, wol aber ohne Grund; dass der Kalkbrei an Sandkörnern mit rauhen Flächen besser adhärire, als an solchen mit glatten, ist einleuchtend, dass aber die Ecken und Kanten die Adhäsion nicht zu vermehren im Stande sind, ist wahrscheinlich. Die Natur bietet uns in den Breccien eine Verkittung von runden und stumpf- oder scharfeckigen Stücken, die durch gleiche Kraft zusammengehalten werden, es ist daher nicht einzusehen, warum der Luftmörtel, der doch in der That eine Nachahmung jener Breccien bezweckt, sich anders verhalten soll.

Das Verhältniss des Sandes zum Kalke ist für die Qualität und den Grad des Erhärtens des herzustellenden Mörtels von der grössten Wichtigkeit. In der Praxis rechnet man auf 1 Kubikfuss steifen Kalkbrei (aus fettem Kalke) 3—4 Kubikfuss Sand, bei magerem, magnesiahaltigem Kalke nimmt man auf eine gleiche Quantität 1—2$^1/_2$ Kubikfuss Sand, weil die fremden Gemengtheile darin sich schon selbst wie Sand verhalten.

Soll der so bereitete Mörtel zur Verbindung der Mauersteine oder Backsteine angewendet werden, so befeuchtet man die Oberfläche der porösen Steine, um der Absorption der Feuchtigkeit des Mörtels vorzubeugen, und wirft den Mörtel mit einer Kelle darauf. Der Mörtel wird im Ueberschusse angewendet, um alle Zwischenräume auszufüllen, dann drückt man die neuen Steine auf die bereits festliegenden und nöthigt so den überschüssigen Mörtel, herauszudringen.

Erhärten des Mörtels. Die Erhärtung des Mörtels, obgleich schon nach einigen Tagen genügend, um einer Mauer eine gewisse Festigkeit zu ertheilen, geschieht so allmälig, dass sie nach vielen Jahrhunderten noch nicht ihr Maximum erreicht hat. Was die Theorie der Erhärtung des Mörtels an der Luft betrifft, so haben sich darüber mehrere Ansichten geltend zu machen gesucht. Dass das Austrocknen allein nicht der Grund des Erhärtens sein kann, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den Luftmörtel im Wasserbade oder über der Lampe austrocknet; das Resultat des Trocknens ist keineswegs eine steinartige, sondern eine bröckliche, leicht zerreibliche Masse. Der Mörtel kann aber nur binden, wenn er eine steinartige Masse bildet. v. Fuchs nahm als Ursache der Mörtelerhärtung die Bildung von halbkohlensaurem Kalk (CaO, $CO_2$ + CaO, HO), einer Verbindung an, welche nicht in den gewöhnlichen kohlensauren Kalk (CaO, $CO_2$) übergeführt werden könne. Wittstein und neuerdings A. Vogel jun. haben das Irrige dieser Ansicht bewiesen und gezeigt, dass die Existenz von halbkohlensaurem Kalk in erhärtetem Mörtel nicht nothwendig sei, dass sogar die Menge der Kohlensäure in den untersuchten Mörtelsorten mehr als ausreichend war, um mit der gefundenen Menge des Kalkes neutralen kohlensauren Kalk zu bilden; nach Untersuchungen Anderer ist selbst in den festesten Mauern ein Theil des Kalkes noch im ätzenden Zustande.

Nach einer anderen Ansicht soll das Erhärten des Mörtels davon

herrühren, dass sich ein Theil der Kieselerde des Sandes, indem dieselbe durch die Einwirkung des Kalkes in gallertartige Kieselsäure verwandelt wird, mit dem Kalk zu kieselsaurem Kalke verbindet. Petzholdt fand bei der Untersuchung eines 300- und eines 100jährigen Mörtels, dass beide beim Uebergiessen mit Salzsäure unter Kohlensäureentwickelung und Bildung einer steifen Gallerte zersetzt wurden. Wenn nun auf der einen Seite zugegeben werden muss, dass in einzelnen Fällen eine Silicatbildung bei der Erhärtung einer Mörtelsorte eintritt, so liegt doch auf der anderen Seite in der Entstehung eines Silicates nicht der Grund der Erhärtung; bei vielen Analysen mit erhärtetem Mörtel, mit Kieselsand angemacht, ergaben sich nur Spuren löslicher Kieselerde; ferner ist es ja Thatsache, dass Kalksand, anstatt des Kieselsandes als Zuschlag zum Mörtel angewandt, eine ebenso steinharte Masse erzeugt. Man muss demnach wol annehmen, dass die theilweise Verkieselung des Kalkes nicht nothwendig ist und nur ausnahmsweise in Folge eines durch Localverhältnisse bedingten Zuschlages vorkommt, und dass die Wirkung des Mörtels, ebenso wie die des Leimes, unter die Adhäsionserscheinungen gehört, obgleich nicht in Abrede zu stellen ist, dass der Mörtel im Laufe der Zeit eine Veränderung erleidet, welche diesen Adhäsionserscheinungen zu statten kommt.

## Der hydraulische Mörtel.

Hydraul. Mörtel. Gewisse Kalksteine haben, wenn sie mehr als 10 Proc. Kieselerde enthalten, die Eigenschaft, nach dem Brennen mit Wasser einen mageren Brei zu geben, welcher unter dem Einflusse des Wassers nach längerer oder kürzerer Zeit erhärtet. Man nennt solche Kalksteine hydraulischen Kalk und verwendet ihn zur Herstellung des hydraulischen Mörtels oder Wassermörtels.

Im ungebrannten Zustande sind die hydraulischen Kalke Gemenge von kohlensaurem Kalk mit Kieselerde oder einem Silicat, meist und wesentlich Thonsilicat, welches letztere in Salzsäure unlöslich ist und durch dieselbe nicht aufgeschlossen wird. Durch das Brennen erleidet der hydraulische Kalk dieselbe Veränderung, die ein in Säuren unlösliches Silicat erleidet, wenn dasselbe durch Erhitzen mit kohlensauren Alkalien aufgeschlossen wird; der hydraulische Kalk wird durch das Brennen in Salzsäure zum grossen Theile löslich und verliert seine Kohlensäure. v. Fuchs, Berthier, Vicat u. A. stellten zahlreiche Versuche an, deren Resultate übereinstimmend bewiesen, dass nur die Kieselerde im gallertartigen Zustande den Kalk in hydraulischen verwandelt und dass die in dem hydraulischen Kalk vorkommenden Gemengtheile wie Thonerde und Eisenoxyd auf das Erhärten des hydraulischen Kalkes erst dann von Einfluss sind, wenn durch starkes Erhitzen bis zum Schmelzen diese Körper sich chemisch mit der Kieselerde verbunden haben.

Man stellt den hydraulischen Mörtel dar, indem man entweder

1) hydraulischen Kalk mit Wasser zu einem Brei macht und Sand zusetzt; oder

2) gewöhnlichen Kalkbrei aus Luftkalk mit Wasser und Cäment mengt.

Beim Löschen des hydraulischen Kalkes wird das Wasser absorbirt, ohne dass bedeutende Wärmeentwickelung und Volumenvergrösserung stattfindet. Die Verwendung des hydraulischen Mörtels geschieht auf dieselbe Weise wie die des Luftmörtels, nur muss der Kalkbrei frisch bereitet angewendet, die Steinflächen aber gehörig benetzt und das Mauerwerk feucht erhalten werden. Je fester und dichter der Mörtel beim Vermauern angedrückt wird, desto fester wird beim nachherigen Erhärten seine Consistenz; wird er dagegen nur locker aufgetragen, so wird durch Eindringen des Wassers der Zusammenhang geschwächt, so dass auch beim nachfolgenden Erhärten nur eine weniger dichte Masse entsteht.

Die Cämente. Aus dem Vorstehenden folgt, dass man, indem dem gewöhnlichen Kalk durch geeigneten Zusatz Kieselsäure zugeführt wird, hydraulischen Mörtel künstlich erzeugen kann. Solche Zusätze oder Zuschläge nennt man Cämente oder Cemente.

In Bezug auf ihren Ursprung lassen sich die Cämente eintheilen 1) in natürliche Cämente, welche, ohne dass sie gebrannt zu werden brauchen, in dem Zustande, wie sie sich finden, zur Herstellung von Wassermörtel gebraucht werden können, und 2) in künstliche Cämente, welche vorher durch Brennen aufgeschlossen werden müssen und dadurch erst in Cämente übergehen. Die natürlichen Cämente sind durch vulkanische Processe aufgeschlossen worden; zu ihnen gehören der Duckstein oder Trass, die Puzzolane und das Santorin.

Der Trass oder Duckstein ist eine Art Trachyttuff, welcher in bedeutenden Mengen im Brohl- und Nettethal, unfern Andernach, angetroffen wird. Der Trass ist wesentlich nichts anderes als zertrümmerter und zerriebener Bimstein, welchen die vielen vulkanischen Kegelberge der Rheinufer lieferten. Er enthält sehr oft Bimssteinfragmente, manchmal in grosser Zahl, eingeschlossen. Schon seit dem dritten Jahrhundert verwendet man den Trass zur Herstellung von hydraulischem Mörtel und bearbeitet daraus Quadern, die in den Mauern alter Festungen, Kirchen, Schlösser und Thürme jetzt noch zu sehen sind. Die Zusammensetzung des Trass aus dem Brohlthale ist folgende:

| | In Salzsäure lösliche | In Salzsäure unlösliche Bestandtheile. |
|---|---|---|
| Kieselerde | 11,50 | 37,44 |
| Kalk | 3,16 | 2,25 |
| Magnesia | 2,15 | 0,27 |
| Kali | 0,29 | 0,08 |
| Natron | 2,44 | 1,12 |
| Thonerde | 17,70 | 1,25 |
| Eisenoxyd | 11,17 | 0,57 |
| Wasser | 7,65 | — |
| | 56,86 | 42,98 |

Die Puzzuolane (Puzzolanerde) ist ein dem Trass verwandter Körper, welcher bei Puzzuoli bei Neapel, dem Puteoli der Alten, vorkommt; sie findet sich ferner in Hügeln von ziemlicher Ausdehnung an der südwestlichen Seite der Apenninenkette, in der Gegend von Rom bis gegen die pontinischen Sümpfe und Viterbo. Sie bildet eine lockere, graue oder gelblichbraune, matte Masse, von theils feinkörnigem, theils erdigem Bruche.

Bei dem Bau des Leuchtthurmes von Eddystone wurden gleiche Theile gepulverter Puzzuolane und zu Pulver gelöschten Kalkes verwendet.

Das Santorin ist ein von den griechischen Inseln Santorin (auch St. Erini, nach der Schutzpatronin des Eilandes, der heiligen Irene), Therasia und Aspronisi stammendes, an der Küste von Dalmatien häufig zu Wasserbauten angewendetes natürliches Cäment, welches mit dem Trass den vulkanischen Ursprung und das äussere Ansehen gemein hat, von demselben sich aber durch seine weit geringere Aufschliessbarkeit in Säuren und dadurch unterscheidet, dass es seine unter Wasser gewonnene Härte wieder verliert.

Künstliche Cämente.

Künstliche Cämente. Das seltene Vorkommen und der hohe Preis der natürlichen Cämente gab die Veranlassung, dass man an ihre Stelle ein wohlfeileres Material zu setzen suchte. So versuchte Parker durch Brennen der nierenförmigen Massen, die sich in der über der Kreide liegenden Thonschicht an den Ufern der Themse, auf den Inseln Sheppey, Wight u. s. w. finden, ein Cäment darzustellen, auf dessen Bereitung 1796 Parker, Wyatt u. Co. ein Patent für England erhielten und dadurch eine Cämentfabrik gründeten, welche bis auf den heutigen Tag blüht. Der so dargestellte Cäment führt den Namen englischer oder römischer Cäment (Roman-Cäment). Die Thonnieren werden in einem gewöhnlichen Ofen, wie man sich deren zum Kalkbrennen überhaupt bedient, bei einer Temperatur gebrannt, welche fast hinreicht, sie zu verglasen, und dann auf einer Mühle fein gepulvert. Das Pulver wird nach dem Beuteln in Fässer verpackt. Er lässt sich ohne weiteren Zusatz als hydraulischer Mörtel verwenden und erhärtet in 15—20 Minuten. Das rasche Erhärten des hydraulischen Mörtels und seine grosse Festigkeit nach diesem raschen Erhärten, welche die des gewöhnlichen Mörtels wenigstens fünfmal übertrifft, machen ihn zu einem höchst werthvollen Baumaterial, das den gewöhnlichen Mörtel rasch verdrängen würde, wenn nicht die Kostbarkeit des hydraulischen Mörtels die Ursache wäre, dass man ihn nur da anwenden kann, wo gewöhnlicher Mörtel nicht ausreicht.

Der Portland-Cäment wurde zuerst 1824 von Joseph Aspdin in Leeds dargestellt. Nach dem ihm für England ertheilten Patent bereitet er den Cäment auf folgende Weise: Er nimmt eine grosse Menge Kalkstein, wie er in Leeds zum Wegmachen angewendet wird, pulverisirt ihn entweder durch Maschinen, oder nimmt den Staub oder Koth von den mit

diesem Material reparirten Strassen, trocknet die Masse und brennt sie in einem Kalkofen. Hierauf nimmt er eine gleiche Gewichtsmenge Thon und knetet denselben mit dem gebrannten Kalk und Wasser zusammen, bis eine plastische Masse entsteht, die man trocknet, nach dem Trocknen in Stücke bricht und in einem Kalkofen brennt, bis alle Kohlensäure entwichen ist. Dann wird die Masse in ein feines Pulver verwandelt und ist zum Gebrauch fertig. Er kommt im Handel vor als graues, ins Grünliche gehendes, sandig anzufühlendes Pulver. Weil er in Farbe dem berühmten, in England so häufig zu Bauten verwendeten Portlandstein sehr ähnlich ist, gab ihm der Erfinder den Namen Portland-Cäment.

Der eigentliche Gründer der in England so schwunghaft betriebenen Fabrikation jenes künstlichen Cämentes, der unter dem Namen Portland-Cäment versendet wird, ist Pasley, welcher den Cäment durch Brennen eines Gemisches von Flussthon (aus dem Medway-Flusse), welcher durch das zu Fluthzeiten eintretende Meerwasser salzhaltig ist, mit Kalkstein oder Kreide zu bereiten lehrte*). Gegenwärtig stellt man auf ähnliche Weise aus dem Schlamme, der sich an den Mündungen grosser Ströme absetzt und dort zu Deltabildungen Veranlassung giebt, ein dem Portland-Cäment ganz gleiches Material her.

Nach Winkler verfährt man bei der Darstellung von Portland-Cäment auf folgende Weise: Man mengt Kalk, Alkalien und Thon in solchen Verhältnissen, dass auf 3—4 Aequiv. Base (Kalk und Alkalien) 1 Aequiv. Säure (Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd) kommt. Mengt man diese Substanzen als trockne Pulver, so setzt man Wasser hinzu; mengt man sie dagegen in dünner Breiform, so dampft man sie so weit ab, dass sie eine plastische Masse darstellen, aus welcher man runde Ballen von 2—3 Zoll Durchmesser formt, die nach dem Trocknen zwischen Holzkohlen oder Koks gebrannt werden. Normal gebrannter Portland-Cäment erscheint unter dem Mikroskop als poröse Masse, aber vollständig geschmolzen und ungefähr vom Ansehen des Bimssteins. Die zum Brennen von Portland-Cäment erforderliche Temperatur ist wenigstens helle Rothglühhitze. Sie muss um so höher sein, je mehr Kalk und je weniger Eisenoxyd und Alkalien vorhanden sind.

An diesen Cäment schliessen sich die Zuschläge an, die man durch Brennen des Mergels erhält. In den unerschöpflichen Mergelmassen, die sich im bayerischen Vorgebirge vom Bodensee an bis an die österreichische Grenze finden und die gegen 25 pCt. Thon enthalten, ist ein Material geboten, welches nach dem Brennen unter Wasser einen schnell erhärtenden Cäment giebt.

---

*) Der Thon des Medwayflusses ist wahrscheinlich wegen seines Natrongehaltes zur Portland-Cämentfabrikation der geeignetste. Pettenkofer macht mit Recht darauf aufmerksam, dass man vielleicht mit grossem Vortheil manche Mergel in gute Cämente verwandeln könne, wenn man sie mit Kochsalzlösung getränkt brenne.

Der englische Portland-Cäment fängt, mit Wasser zu einem Brei angerührt, schon nach einigen Minuten an, zu erstarren, nach einigen Tagen besitzt er schon eine ziemliche Härte, die nach einigen Monaten einen solchen Grad erreicht, dass er beim Anschlagen mit einem harten Körper wie gebrannter Thon klingt. Er lässt sich gleich dem Gyps ohne Sandzusatz in Formen giessen und eignet sich daher besonders zur Herstellung architektonischer Verzierungen und mit Sand gemengt zur Fabrikation von künstlichen Steinen. In neuerer Zeit hat Grüneberg die Herstellung von Krystallisirgefässen aus Portland-Cäment vorgeschlagen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass die Fabrikation von künstlichem Cäment in jeder Gegend möglich ist. In der That fabricirt man jetzt auch in den meisten Gegenden Deutschlands Cäment, welcher allen Anforderungen entspricht, ohne dass es dabei nothwendig wäre, die Materialien aus grossen Entfernungen herbeizuschaffen. So wurde z. B. der hydraulische Kalk für die Göltzschthalüberbrückung auf der sächsisch-bayerischen Staatseisenbahn durch Mengen gleicher Theile von Ziegelmehl, Sand und Kalkmehl erhalten; das Gemenge wurde kurz vor der Verwendung mit Wasser angemacht und als möglichst dicker Brei verarbeitet. Zur Darstellung von hydraulischem Mörtel benutzt man die Aschen von Steinkohlen und Torf, die bei der Alaunfabrikation aus Alaunschiefer und Alaunerde zurückbleibende Masse, manche Hohofenschlacken, gebranntes Töpfergeschirr, Porzellankapselscherben u. s. w. Obgleich im Allgemeinen die Principien bekannt sind, nach welchen hydraulische Mörtel angefertigt werden müssen, so misslingen dennoch immer sehr viele Versuche. Das Misslingen liegt meist in dem unrichtigen Hitzegrad beim Brennen, in der versäumten Innigkeit der Mischung, hauptsächlich aber in der Unkenntniss der chemischen Zusammensetzung der zu mischenden Substanzen. So ist, um ein Beispiel anzuführen, nicht jeder Mergel zur Herstellung eines guten hydraulischen Mörtels geeignet. Bedingungen der Anwendbarkeit sind 1) das richtige Verhältniss des eingemengten Thons, am vortheilhaftesten 25 pCt.; 2) dieser Thon muss die erforderliche Beschaffenheit haben, er muss reich an Kieselerde und dabei höchst fein zertheilt sein; er muss ferner mit dem kohlensauren Kalk in innigem Gemenge sich befinden. Diese drei Bedingungen finden sich nur sehr selten mit einander vereinigt.

Als Anhang zu den Cämenten sei das Concrete (künstlicher Stein) der Engländer erwähnt, worunter man einen dem Wasser gut widerstehenden Mörtel versteht, der indessen nie die Festigkeit des mit Sand gemischten Cämentes erreicht. Es besteht aus einem Gemenge von gewöhnlichem Mörtel mit Steinen, Grus, das man in verlorenen Formen oder Verschalungen aus Holz (unsere Gussmauern) oder in bleibenden, aus Ziegel- oder Quadermauern (unsere Futtermauern) bestehend, erstarren lässt. Man verwendet zu dem Concrete gewöhnlich mageren, thonhaltigen Kalk, den man mit 2—3 Volumen gröberem und feinerem Sand mengt. Nach Pasley erhält man aber ein besseres Product, wenn 1 Kubikfuss frisch gebrannter Kalk, in Stücken nicht grösser als eine Faust (etwa 35 Pfd.) gemahlen mit $3^1/_2$ Kubikfuss scharfem Flusssand und unge-

fähr $1^1/_2$ Kubikfuss Wasser schnell gemischt und eingestampft wird. Die Maurer benutzen jedoch nicht die erstere Vorschrift, weil das trockene Gemisch sich besser mit Wasser mischt und zähe und langsamer im Erhärten ist. Der Mörtel erhärtet in wenigen Stunden hinlänglich, um, wenn auch die schwersten Mauern auf einer Grundlage von Concrete aufgeführt werden sollen, sogleich damit beginnen zu können. Auf 4—6 Fuss dicken Schichten von Concrete sind auf sumpfigem Grunde die Fundamente grosser Bauwerke in London nach dem Vorgange von Smirke gebaut worden, welcher auf die Anwendung des ungelöschten Kalkes zur Darstellung des Concrete geleitet wurde.

Erhärten des hydraulischen Mörtels.

Das Festwerden und Erhärten des hydraulischen Mörtels ist oft zum Gegenstande ausführlicher Untersuchungen gemacht worden. Beim Festwerden lassen sich, und das ist für die Praxis von Wichtigkeit, zwei verschiedene Vorgänge unterscheiden: zunächst das blosse Erstarren, wobei die angemachte Masse aufhört, flüssig zu sein, aber noch sehr leicht vom Nagel geritzt wird; dann, was viel länger dauert, das Hartwerden selbst, d. h. die durch andauernde Vermittelung des Wassers vor sich gehende Versteinerung.

Der beim Erhärten des hydraulischen Mörtels stattfindende chemische Vorgang ist früher von Berthier, Kuhlmann und Vicat, und in neuerer Zeit besonders von v. Fuchs und von A. Winkler studirt worden. Letzterer theilt die hydraulischen Mörtel nach den chemischen Vorgängen beim Erhärten unter Wasser und den verschiedenen Verbindungen, die in den noch nicht erhärteten Mörteln enthalten sind, in zwei Klassen.

Die erste Klasse, die er als Roman-Cämente bezeichnet, umfasst die Gemenge von Aetzkalk mit den Zuschlägen (den eigentlichen Cämenten): Puzzuolane, Trass, Santorin, Ziegelmehl und solche hydraulische Mörtel, welche man durch Brennen von hydraulischem Kalk und Mergel erhält. Alle diese Cämente enthalten in frischem Zustande Aetzkalk.

Die zweite Klasse bilden die Portland-Cämente, welche in frischem Zustande keinen Aetzkalk enthalten.

Die Erklärung des chemischen Vorganges beim Erhärten eines Roman-Cämentes rührt von v. Fuchs her, welcher zuerst nachgewiesen hat, dass es die Verbindung von Kalk mit Kieselsäure ist, welcher ein hydraulischer Mörtel seine charakteristischen Eigenschaften verdankt. Er hat nachgewiesen, dass aus allen hydraulischen Mörteln durch Säuren Kieselerde im gallertartigen Zustande ausgeschieden wird. Dasselbe findet bei den chemischen Verbindungen von Kieselsäure und Kalk statt. Silicate, welche für sich nicht mit Salzsäure Kieselgallerte abscheiden, erlangen diese Eigenschaft, wenn sie längere Zeit der Einwirkung von Kalk unter Wasser ausgesetzt sind: *)

*) Villeneuve hat neuerdings die Ansicht ausgesprochen, dass die hydraulischen Eigenschaften nicht allein der Kieselerde zuzuschreiben seien, sondern überhaupt allen elektro-negativen Körpern, welche mit dem Kalk unlösliche Verbindungen eingehen, besonders aber der Kohlensäure.

Die Alkalien sind auf die Bildung und das Erhärten des hydraulischen Mörtels von günstigem Einfluss. In ersterer Beziehung wirken sie nützlich, indem sie die Kieselerde des Quarzes und die durch Säuren nicht zersetzbaren Silicate besonders leicht aufschliessen und in den gallertartigen Zustand überführen. In Bezug auf das Erhärten wirken sie indirect, indem sie die Kieselerde aufgeschlossen enthalten und nach und nach ihren Platz dem Kalk überlassen. Wasserglaslösung giebt schon in der Kälte ihre Kieselerde an Kalk ab, unter Freiwerden von Alkali. Die Alkalien werden übrigens durch das Wasser ausgewaschen. Kuhlmann, der sich mit dem hydraulischen Kalke und der Fabrikation künstlicher Steine beschäftigte, giebt an, dass man fetten Kalk in hydraulischen durch inniges Mischen desselben mit 10—12 pCt. kieselsaurem Alkali oder durch Behandeln mit einer Wasserglaslösung überführen könne.

Fasst man die Resultate aller Versuche, die sich auf die Erhärtung des Roman-Cämentes beziehen, zusammen, so erklärt sich das Erhärten wesentlich durch die Bildung einer Verbindung eines sauren Silicates oder aufgeschlossener Kieselerde mit dem vorhandenen gebrannten Kalk zu wasserhaltigem anderthalb-basisch kieselsaurem Kalke, in welchem die Kieselerde, wie es scheint, zum Theil durch Thonerde und Eisenoxyd ersetzt sein kann. Die Erhärtung ist keineswegs eine Folge der Hydratation eines beim Brennen des hydraulischen Kalkes erzeugten Silicates, denn sonst müssten entwässerte Zeolithe unter Wasser gleichfalls erhärten, was mit der Erfahrung nicht übereinstimmt. Neben dem Hydrosilicate bildet sich stets eine grössere oder kleinere Menge von kohlensaurem Kalk, dessen Bildung jedoch unwesentlich für das Erhärten des hydraulischen Mörtels zu sein scheint.

Der Vorgang beim Erhärten eines Portland-Cämentes ist von Winkler zu erklären versucht worden. Nach ihm besteht der chemische Vorgang, welcher unter Mitwirkung des Wassers das Erhärten bewirkt, in dem Zerfallen eines Silicates, welches auf 1 Aequivalent Säure (Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd) 3—4 Aequiv. Basis (Kalk und Alkalien) enthält, in freien Kalk und solche Verbindungen zwischen Kieselerde und Kalk und Thonerde und Kalk, welche auf nassem Wege zwischen genannten Körpern hergestellt werden können. Der ausgeschiedene Kalk verbindet sich an der Luft mit der Kohlensäure zu kohlensaurem Kalk. Ein erhärteter Portland-Cäment enthält demnach dieselben Verbindungen wie ein erhärteter Roman-Cäment; diese Verbindungen bilden sich aber unter Einwirkung des Wassers auf entgegengesetzte Art. Ihre Unlöslichkeit im Wasser und ihr inniges Aufeinanderlagern während des allmäligen Entstehens bewirkt, dass das ursprüngliche Pulver nach und nach in eine cohärente Masse übergeht. Aus zahlreichen Versuchen Winkler's folgt, dass die Kieselsäure in den Portland-Cämenten durch Thonerde und Eisenoxyd vertreten werden kann. Die Thonerde vermindert hierbei den Grad des Erhärtens nicht, macht aber den Cäment minder geeignet, den

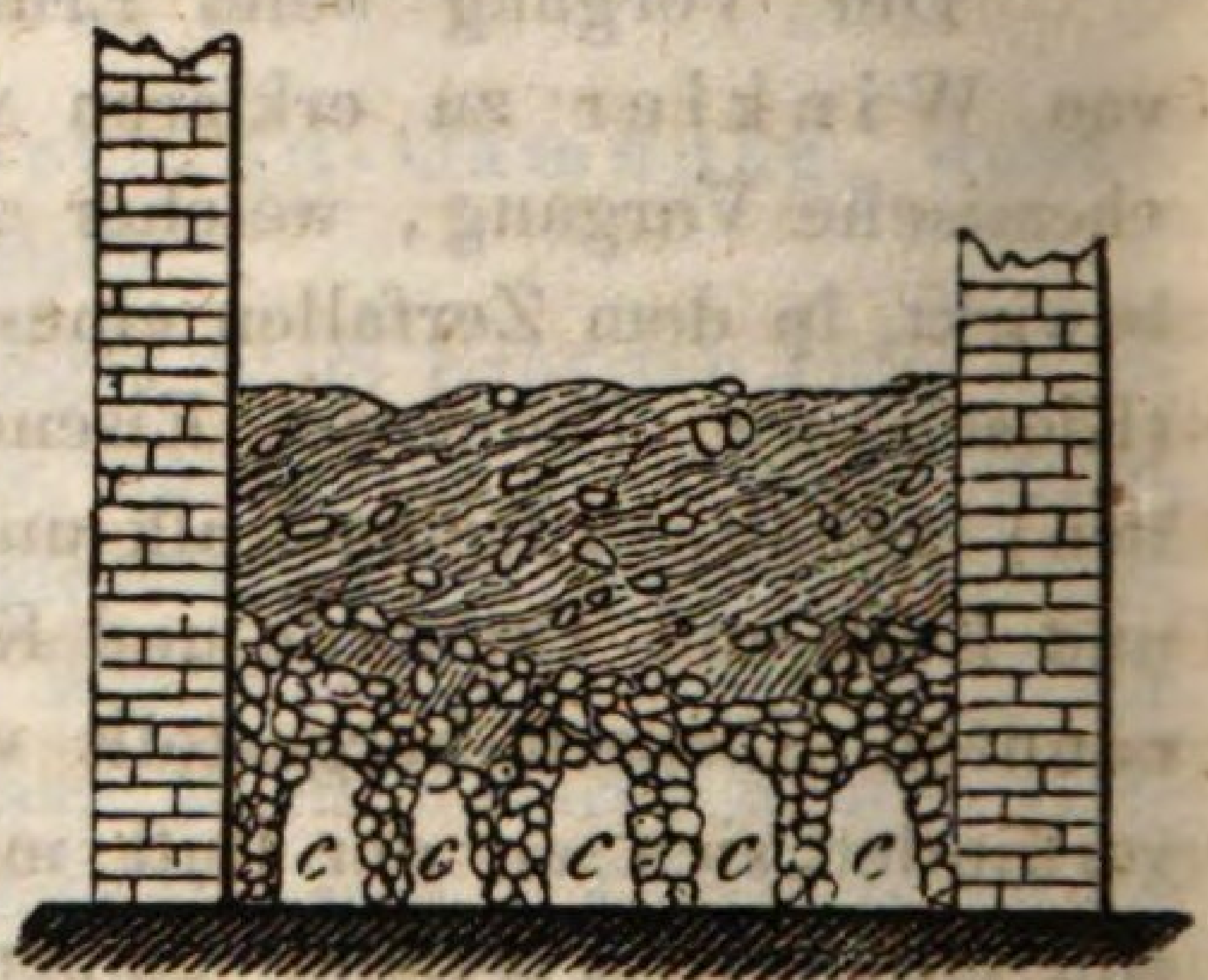
Einwirkungen der Kohlensäure zu widerstehen. Während des Erhärtens des Portland-Cämentes durch die Einwirkung des Wassers wird fortdauernd Kalk ausgeschieden, bis als Endresultat der Einwirkung von Wasser auf Portland-Cäment die Verbindungen 3 CaO, 2 $SiO_3$ und CaO, $Al_2$ $O_3$ entstehen. Letztere Verbindung wird durch Kohlensäure zerlegt, sie muss aber so lange im erhärteten Portland-Cäment als bestehend angenommen werden, als noch Kalkhydrat in demselben enthalten ist.

## Der Gyps.

Gyps. Der schwefelsaure Kalk (CaO, $SO_3$) findet sich in der Natur im wasserfreien Zustande als Anhydrit, und mit zwei Aequivalenten Wasser verbunden als Gyps (CaO, $SO_3 + 2$ HO) in grosser Menge. Nur der letztere findet technische Anwendung. Der Gyps kommt in der tertiären Formation vor und bildet den Gypsspath, das Marienglas oder Fraueneis, den Alabaster, den Fasergyps u. s. w. Der wasserhaltige Gyps verliert bei 100° ein Aequivalent Wasser und bei 132° auch das zweite Aequivalent, wobei die Krystalle zerfallen. Der seines Wassers beraubte Gyps heisst gebrannter Gyps oder Sparkalk; derselbe hat die Eigenschaft, die beiden Aequivalente Wasser wieder aufzunehmen, krystallinisch zu werden und dabei zu erstarren. Auf dieser Eigenschaft beruht seine technische Anwendung.

Brennen des Gypses. Das Entwässern oder das Brennen des Gypses geht im Grossen am passendsten zwischen 130 und 150°, höchstens 200° vor sich: Man häuft den rohen Gyps in viereckigen Räumen, die zu beiden Seiten und auf der hinteren Seite eine Mauer haben, so auf, dass er am Boden kleine Gewölbe *c* bildet (Fig. 39), auf diese Gewölbe schüttet man den übrigen Gyps und bringt in die Gewölbe das Brennmaterial. Indem die Flamme die ganze Masse des Gypses durchdringt, wird das Wasser ausgetrieben. Natürlicherweise wird bei dieser Construction der Gyps nicht gleichförmig gebrannt; während die dem Feuer zunächst gelegenen Theile zu stark erhitzt worden sind, enthalten die entfernter liegenden noch viel Wasser. Nichtsdestoweniger giebt aber sämmtliche Menge des Gypses gemahlen und gemengt, einen gut erhärtenden Gyps. — Zuweilen benutzt man die überflüssige Wärme der Koksöfen zum Brennen des Gypses; vorzügliche Resultate erlangt man, wenn man die unbenutzte Wärme von drei Koksöfen dazu verwendet, einen Gypsofen zu heizen, und dabei das Koksbrennen so einrichtet, dass dasselbe in jedem Ofen zu einer andern Zeit

Fig. 39.



stattfindet; auf diese Weise erhält man eine mittlere Temperatur, welche während der ganzen Zeit des Brennens nur wenig differirt. Der zum Düngen bestimmte Gyps lässt sich sehr vortheilhaft in einem Kalkofen mit ununterbrochenem Gange brennen. Ausschliesslich zu Gypsabdrücken oder zum Giessen bestimmter Gyps wird in Frankreich mit grosser Sorgfalt in hölzernen Kasten in einem schwach geheizten Backofen gebrannt, auf welchen der Gyps eine Schicht von höchstens fünf Centimetern Höhe bilden darf. Gypsöfen, in denen das Brennmaterial unmittelbar mit dem Gyps in Berührung kommt, geben oft Veranlassung zur Bildung von Schwefelcalcium ($CaO, SO_3 + 4\ C = CaS + 4\ CO$), das den Gyps zu gewissen Zwecken untauglich macht. War der Gyps während des Brennens zu stark erhitzt worden, so hat er die Fähigkeit verloren, mit Wasser zusammengerührt einen erhärtenden Brei zu bilden. Man sagt dann, der Gyps sei todtgebrannt. Dieses Verhalten mag wohl darin seinen Grund haben, dass durch das zu starke Erhitzen die Moleküle des Gypses sich anders lagerten, und dass der Gyps in Anhydrit übergeht, welchem ebenfalls die Eigenschaft fehlt, mit Wasser zu erhärten. Dass der Gyps hinreichend gebrannt ist, erkennt man daran, dass ein Probestückchen zerbrochen, im Innern nichts Krystallinisches mehr erkennen lasse.

Todtbrennen des Gypses.

Mahlen des Gypses.

Der gebrannte Gyps wird in bedeckten Fässern aufbewahrt, damit die Feuchtigkeit der Atmosphäre keinen nachtheiligen Einfluss ausübe. Am besten ist es, den Gyps nur kurze Zeit vor seiner Anwendung zu pulvern. Das Pulvern geschieht auf Stampfmühlen oder auf Walzmühlen, in neuerer Zeit auch in Pulverisirtrommeln. Zu den feineren Gussarbeiten muss der gepulverte Gyps fein gesiebt werden.

Anwendung des Gypses.

Der Gyps wird auf mannichfaltige Weise benutzt. Der ungebrannte Gyps findet zuweilen in Stücken als Baustein Anwendung, da indessen der Gyps in Wasser nur schwer löslich, aber nicht unlöslich ist, so löst sich mit der Zeit der Gyps durch Regen und überhaupt durch Feuchtigkeit auf. Deshalb ist diese Anwendung mit Recht von den Behörden untersagt. Der dichte und feste feinkörnige Gyps, besonders der weisse, wird zu Bildhauerarbeiten, zu gedrehten und geschliffenen Gegenständen und zu architektonischen Verzierungen verwendet. Ungebrannter Gyps findet ferner Anwendung zur Umwandlung des kohlensauren Ammoniaks in schwefelsaures. Eine sehr ausgedehnte und wichtige Anwendung findet sowohl der rohe, als auch der gebrannte Gyps in der Landwirthschaft als Düngemittel, vorzüglich zum Bestreuen der Wiesen, des Klees und anderer Futterkräuter und der Hülsenfrüchte; man nimmt gewöhnlich an, dass die günstige Einwirkung des Gypses auf die Vegetation darauf beruht, dass der Gyps Ammoniak absorbirt, welches ausserdem auf einem nicht gegypsten Boden wieder verdunstet sein würde. Das bei der Fäulniss sich entwickelnde, sowie das in der Atmosphäre enthaltene kohlensaure Ammoniak wird fixirt; es zerlegt sich mit dem Gypse

in der Weise, dass schwefelsaures Ammoniak und zweifach kohlensaurer Kalk entsteht. Diese Erklärung der Wirksamkeit der Gypsdüngung ist indessen ungenügend.

Die Anwendung des Gypses zum Giessen und zu Abdrücken ist eine sehr beliebte zur Nachahmung und Vervielfältigung von Gegenständen. Man bedient sich hierzu eines dünnen Breies aus einem Theil gebranntem Gypse und $2^1/_2$ Th. Wasser; obgleich der Gyps durch das Brennen nur gegen 20 pCt. verliert, so ist er doch noch im Stande, mit $2^1/_2$ Th. Wasser einen harten Brei zu geben, weil durch die entstehenden Gypskrystalle ($CaO$, $SO_3$, $2\ HO$) das übrige Wasser mechanisch eingeschlossen wird. Das Erhärten des Gypses erfolgt bei gut gebranntem Gypse in 1—2 Minuten und unter geringer Erwärmung. Die Herstellung von Gypsabgüssen ist nach der Gestalt der Gegenstände mehr oder weniger schwierig. Die angewendeten Formen sind häufig selbst aus Gyps angefertigt und werden, um das Adhäriren des eingegossenen Gypses zu verhindern, mit Oel getränkt. Um die Unbequemlichkeit harter Formen zu umgehen, bedient man sich auch elastischer Leimformen. Oft auch benutzt man Formen von Gyps als Modell zum Giessen von Zink und Bronze oder zur Vervielfältigung galvanoplastischer Gegenstände, zu Modellen in der Porcellan- und Fayencefabrikation u. s. w.

Um das Erhärten des Gypsbreies zu verzögern, giebt man ihm einen Zusatz von Leim, welcher ausserdem dem Gyps grössere Härte, einen gewissen Grad von Durchscheinenheit und ein marmorähnliches Ansehen ertheilt. Den so gemischten Gyps wendet man hauptsächlich zu architektonischen Verzierungen, die unter dem Namen Stucco (Stuck, Gypsmarmor) bekannt sind, an. Ein Gemisch von feinem Gyps und gepulvertem Frauenspath (Gypsspath) mit Leimwasser giebt die in neuerer Zeit vielfach zu ornamentalen Zwecken angewendete Scaliogla (von scaglia, Schuppe, Rinde).

Härten des Gypses. Der Gyps lässt sich auf verschiedene Weise härten. Eine der ältesten Methoden besteht darin, das Pulver von gebranntem Gyps mit Lösungen von Leim oder arabischem Gummi anzurühren und auch den fertigen gegossenen und abgetrockneten Gegenstand in derartige Lösungen zu tauchen. Später schlug man vor, Gypsgegenstände in eine Auflösung von 40 Loth Alaun in 6 Pfd. Wasser zu tauchen, sie 15—30 Minuten darin zu lassen, dann herauszunehmen und über den erkalteten Gegenstand Alaunlösung zu schütten, so dass er mit einer Krystallschicht überzogen ist, ihn trocknen zu lassen, mit Sandpapier zu poliren und endlich mit einem feuchten Tuche die letzte Politur zu geben. Die Theorie des Härtens des Gypses durch Alaun ist bis jetzt noch nicht genügend erklärt. Der mit Hülfe von Alaun gehärtete Gyps heisst Keene's Marmorcäment. Das Pariancäment von Bellmann und Keating ist durch Borax gehärteter Gyps; zu dem Ende befeuchtet man die gebrannten Gypsstücke mit einer Lösung von 1 Th. Borax in 9 Th. Wasser

durch und durch, glüht sie sechs Stunden lang und mahlt sie hierauf. Noch besser soll der Erfolg sein, wenn man dieser Lösung 1 Th. Weinstein und die doppelte Wassermenge zusetzt.

Das Härten von Gyps mit Wasserglaslösung ist nur schwierig auszuführen; Gyps mit Wasserglaslösung zusammengerieben, kommt sogleich ins Stocken und beim Austrocknen wittert sehr bald schwefelsaures Kali oder Natron in grosser Menge aus; nach dem Trocknen ist die Masse kaum fester als der gewöhnliche Gyps. Aus Gyps gefertigte Gegenstände lassen sich daher nicht mit Wasserglaslösung imprägniren, um sie fester zu machen, indem die Flüssigkeit wegen des Stockens nicht eindringen kann. Bessere Resultate erhält man mit Anhydrit oder mit dem ihm sich gleich verhaltenden starkgebrannten Gyps.

Völlig fertig gemachte und getrocknete Gypsgegenstände nehmen, wenn sie mit geschmolzener Stearinsäure oder mit Paraffin getränkt worden sind, einen gewissen Grad von Durchscheinenheit und durch Reibung gute Politur an, so dass sie dem mit Wachs getränkten Meerschaum ähneln. Da hierbei vollkommene Reinheit der Gypsmasse unerlässlich ist, so ist es am besten, Gypsspath anzuwenden und ihn während des Brennens vor jeder Beimengung von Unreinigkeit zu verwahren. Um der Masse ein besonders warmes Ansehen zu geben, giebt man dem Paraffin oder der Stearinsäure durch Zusatz von etwas Gummigutt und Drachenblut eine schwach röthlichgelbe Färbung.

## Der schwefelsaure Baryt.

Schwefelsauren Baryt. Der schwefelsaure Baryt, $BaO, SO_3$ findet sich in der Natur als Schwerspath. Zu den Gegenden in Deutschland, wo der Schwerspath in bedeutenden Gangmassen auftritt, gehören der Spessart (namentlich die Umgegend von Aschaffenburg), der Thüringer Wald und der Schwarzwald. Der feingemahlene Schwerspath dient besonders zum Versetzen des Bleiweiss, der Kupferfarben (Braunschweiger Grün, Mineralblau, Schweinfurter Grün), der Chromfarben (Chromgelb) u. s. w. und zur Darstellung der Barytpräparate, unter denen der künstliche schwefelsaure Baryt und der Aetzbaryt allein in der Technik Anwendung finden. Ausserdem benutzt man ihn noch zur Darstellung von Bouteillenglas und zu englischem Steinzeug.

Der künstliche schwefelsaure Baryt (Permanentweiss, Barytweiss, blanc fixes), lässt sich im Grossen auf verschiedene Weise darstellen und zwar theils direct, theils als Nebenproduct. Direct erhält man ihn, indem man den Schwerspath fein gepulvert durch Glühen mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen zu Schwefelbarium reducirt, dieses durch Salzsäure in Chlorbarium überführt, wobei Schwefelwasserstoffgas entweicht und aus der Lösung des Chlorbariums durch verdünnte Schwefelsäure oder durch ein geeignetes schwefelsaures Salz, etwa Glaubersalz, das Barytweiss fällt. Kuhlmann erhält die Chlorbariumlösung auf folgende

Weise: er leitet durch die durch Reduction des Schwerspathes und Auflösen des Rückstandes in Wasser erhaltene Lösung von Schwefelbarium Kohlensäuregas, wobei kohlensaurer Baryt gefällt wird und Schwefelwasserstoff sich entwickelt, welcher sofort verbrannt wird; die sich bildende schweflige Säure wird in Bleikammern geleitet und dort in Schwefelsäure übergeführt. Der kohlensaure Baryt dient zur Beseitigung der Salzsäuredämpfe in den Sodafabriken und geht dadurch in Chlorbarium über.

In England wird der schwefelsaure Baryt aus dem Witherit (natürlichem kohlensauren Baryt, BaO, $CO_2$) gefertigt; zu dem Ende wird das zerkleinerte Mineral in verdünnter Salzsäure gelöst und dann wie oben angegeben verfahren. Die Fabrikation des schwefelsauren Baryts aus dem Witherit ist kostspieliger als die aus Schwerspath, wenngleich diese im Ganzen wohlfeiler ist. Das aus Witherit gewonnene Barytweiss steht auch in der That höher im Preise und besitzt wesentliche Vorzüge. Es ist schöner und glänzender weiss und bleibt durchaus säurefrei, während das aus Schwerspath gewonnene Weiss stets säurehaltig ist.

Ein gewisser Grad der Entwässerung darf bei dem Barytweiss nicht überschritten werden; es mischt sich sonst schwierig wieder mit Wasser und verliert sowol an Deckkraft als an Feinheit. Im Handel findet es sich daher gewöhnlich in Teigform (Blanc fixe en pâte) mit 25—30 Proc. Wasser.

Anwendung des Barytweiss.

Das Baryt- oder Permanentweiss hat in neuerer Zeit als Wasserfarbe bei der Tapeten-, Buntpapier- und Kartenfabrikation ausgedehnte Anwendung gefunden und scheint überhaupt für viele Zwecke ein Ersatzmittel von Bleiweiss und Zinkweiss werden zu wollen. Man wendet als Bindemittel an Leim oder Kleister, oder auch ein Gemenge von Kleister und Wasserglaslösung. Als Oelfarbe kann das Barytweiss keine Anwendung finden.

In der Papierfabrikation benutzt man das Permanentweiss als Zusatz zur Papiermasse anstatt des bisher gebräuchlichen China Clay (Porcellanerde, Kaolin, Lenzin). Man verwendet ferner das Barytweiss für sich oder mit Zinkweiss gemengt zum Appretiren der Baumwoll- und Leinzeuge und zur Anfertigung der Lackfarben. Anstatt der Knochenerde und des Zinnoxydes kann es zur Darstellung von Milchglas und Email Verwendung finden.

Andere Barytpräparate.

Das Barythydrat, entweder durch Zersetzen von Schwefelbarium mit Kupferoxyd oder durch Glühen von kohlensaurem Baryt mit Kohle erhalten, löst sich in Wasser zu einer ätzenden Flüssigkeit (Barytwasser) und verbindet sich mit Rohrzucker (nicht mit Krümel- und Schleimzucker) zu einer in Wasser unlöslichen Verbindung, Baryt-Saccharat $C_{12}$ $H_{11}$ $O_{11}$, BaO. Diese Eigenschaft des Barythydrates hat man benutzt, um aus der Melasse den krystallisirbaren Zucker abzuscheiden. Die von der übrigen Melasse abgeschiedene Zuckerbarytverbindung wird in Wasser zertheilt und durch Kohlensäure zersetzt; es

bildet sich unlöslicher kohlensaurer Baryt, welcher wieder in Barythydrat übergeführt wird, und eine Lösung von reinem Rohrzucker. Anstatt des Barythydrates lässt sich zum Fällen des Rohrzuckers auch Schwefelbarium anwenden.

Die von Boussingault vorgeschlagene Methode der Anwendung des Aetzbaryts zur Isolirung des Sauerstoffes aus der atmosphärischen Luft ist im Grossen auf einige Schwierigkeiten gestossen, die sich aber vielleicht bei Wiederaufnahme der Versuche beseitigen liessen. Man leitet Luft über Baryt, der sich in einer rothglühenden Porcellanröhre befindet; der Sauerstoff der Luft wird von dem Baryt aufgenommen, welcher dadurch in Bariumsuperoxyd $BaO_2$ übergeht. Durch stärkeres Erhitzen zerfällt diese Verbindung wieder in Baryt und Sauerstoff. 10 Kilogrammen Baryt können der Theorie nach durch ihre Ueberoxydation und nachherige Desoxydation 730 Liter Sauerstoff geben; in der Praxis kann man jedoch nur auf 600 Liter rechnen.

Der chlorsaure Baryt liefert ein grünes Feuer von grosser Schönheit und wird deshalb auch schon in der Kunstfeuerwerkerei benutzt. Der kohlensaure Baryt findet in England bei der Fabrikation vorzüglicher Sorten von Krystall- und Spiegelglas Anwendung; auch hat man ihn zur Zersetzung des schwefelsauren Natrons behufs der Sodafabrikation anzuwenden versucht.

Auch den Barytsalpeter und das Barytgelb (chromsaurer Baryt) hat man neuerdings angewendet.

## Der Alaun.

Alaun. Allgemeines.

Unter Alaun versteht man in der chemischen Sprache ein Doppelsalz, bestehend aus zwei schwefelsauren Salzen, welchem die Formel

$$RO, SO_3 + R_2O_3, 3\ SO_3 + 24\ HO$$

zukommt. RO kann sein: Kali, Natron oder Ammoniak; $R_2O_3$ Thonerde, Chromoxyd, Eisenoxyd und Manganoxyd. Da die die Formel RO und $R_2O_3$ bildenden Körper isomorph sind, so versteht es sich von selbst, dass RO entweder aus Kali, Natron oder Ammoniak, $R_2O_3$ entweder aus Thonerde oder Chromoxyd oder Eisenoxyd oder Manganoxyd, oder aus sämmtlichen isomorphen Körpern gebildet sein können. Die Krystallform des Alauns ist das tesserale Octaëder. Technische Anwendung findet diejenige Varietät des Alauns, in welcher $R_2O_3$ aus Thonerde, RO aus Kali oder Ammoniak besteht. Man unterscheidet desshalb Kalialaun oder Ammoniakalaun.

Vorkommen des Alauns in der Natur.

Der Alaun, besonders der Kalialaun, findet sich als Ausblühung oder Auswitterung nicht selten auf dem Alaunschiefer, seltener in ausgebildeten Krystallen, als vielmehr als Federalaun (Federsalz, Haarsalz, Keramohalit). Er findet sich vorzugsweise in vulkanischen Gegenden, zumal in den Solfataren, in kieshaltigen Thonlagern, auf Stein-

und Braunkohlenlagerstätten vor. In der Nähe der Vulkane entsteht der Alaun, indem die sich bildende schweflige Säure bei Gegenwart von Feuchtigkeit in Schwefelsäure übergeht, welche auf die in den Laven enthaltene Thonerde und Kali einwirkt.

Der natürliche Alaun hat indessen mehr mineralogisches als technisches Interesse, indem aller Alaun, der sich gegenwärtig im Handel findet, künstlich dargestellter ist.

Man fabricirt den Alaun entweder:

1) mit Hülfe der Alaunerze,

oder 2) mittelst Thon und Schwefelsäure.

Die Alaunerze lassen sich in zwei Hauptabtheilungen bringen und zwar:

I. In solche, in denen die zur Bildung des Alauns erforderlichen Bestandtheile in solcher Menge vorhanden sind, dass eine Ausscheidung desselben ohne Zusatz von Alkalien lohnt.

II. In solche, in denen nur die Elemente zur Bildung der schwefelsauren Thonerde vorhanden sind, die Alkalien aber ganz oder doch zum grössten Theile zugesetzt werden müssen.

Zu der erstgenannten Abtheilung gehören der Alaunstein und einige Arten Alaunschiefer. Zu der zweiten Abtheilung muss man den grössern Theil der Alaunschiefer und die Alaunerze aus der Braunkohlenformation oder die sogenannte Alaunerde rechnen.

Der Alaunstein kommt nur in vulkanischen Gegenden vor und ist das Product der Einwirkung von schwefligsauren Dämpfen auf trachytische oder andere Gebirgsarten, die reich an Feldspath sind. Der am längsten bekannte Fundort ist Tolfa bei Civita-Vecchia im Kirchenstaate. Der krystallisirte Alaunstein besteht aus basisch schwefelsaurer Kali-Thonerde und Thonerdehydrat (2 KO, $SO_3$ + 2 $Al_2O_3$, $SO_3$ + 5 $Al_2O_3$, 3 HO).

Der Alaunstein verliert schon bei angehender Rothglühhitze sein Wasser und geht in eine Verbindung über, aus welcher das Wasser Alaun auszieht, während auf ungebrannten Alaunstein das Wasser nicht einwirkt. Ist der Alaunstein zu stark erhitzt worden, so äussert das Wasser keine Wirkung mehr darauf, indem in starker Rothglühhitze sich die schwefelsaure Thonerde in Thonerde, schweflige Säure und Sauerstoff zersetzt, auch das schwefelsaure Kali sich zerlegt, dessen Kali mit der Kieselerde und Thonerde zusammentritt. Aus diesem Verhalten des Alaunsteines in der Hitze ergiebt sich dessen Behandlung, um daraus Alaun zu gewinnen. Es wird zu Tolfa das Mineral in Stücke zerschlagen und dann entweder in Haufen oder in Oefen, welche entweder unsern Kalköfen ähnlich oder Flammenöfen sind, geröstet, worauf der geröstete Stein in grossen länglich gemauerten Bühnen, die mit gemauerten Gräben umgeben sind, in mässig hohen Haufen aufgeschüttet und mit Wasser begossen wird. Der geröstete Alaunstein zerfällt dadurch zu einem blassröthlichen Brei, welcher nun mit heissem Wasser ausgelaugt wird, worauf die klare Lauge, ohne weitern Zusatz, zum Krystallisationspunkte versotten wird. Der römische Alaun hat die Eigenthümlichkeit, beim Erkalten der Lösung erst in Octaëdern und dann in Würfeln zu krystallisiren; man nennt ihn deshalb

auch kubischen Alaun. Wenn man letzteren in Wasser löst und die Lösung bei 100° erhitzt, so setzt sich basischschwefelsaures Thonerde-Kali (Alun aluminé) ab und die darüber stehende Flüssigkeit giebt beim Abdampfen octaëdrischen Alaun. Lässt man aber die Flüssigkeit über dem Niederschlage stehen, so löst sich der letztere beim Erkalten wieder auf und die Lösung giebt beim Krystallisiren wieder kubischen Alaun. Erinnert man sich des Umstandes, dass bei der Fabrikation des römischen Alauns der Alaun beim Ausziehen des gerösteten Alaunfels mit überschüssiger Thonerde zusammenkommt, so ist es einleuchtend, dass man gewöhnlichen Alaun in kubischen umwandeln kann, wenn man die Lösung des ersteren mit Thonerdehydrat digerirt und die Lösung nur auf 40° erwärmt.

Die fleischrothe Farbe des römischen, ebenso des neapolitanischen Alauns rührt von etwas mechanisch eingeschlossenem Eisenoxyd her, welches beim Lösen der Krystalle in Wasser ungelöst zurückbleibt.

Der Alaunschiefer ist ein von Schwefelkies durchdrungener, durch Kohle stark gefärbter Thonschiefer oder Schieferthon, welcher sich häufig in der unmittelbaren Nähe von Steinkohlenflötzen findet. Er kommt vor in Oberbaiern, im preussischen Regierungsbezirke Düsseldorf und Trier, in Sachsen, Böhmen, am Harze, in Belgien bei Lüttich u. s. w.

Nur an wenigen Orten, wo der Alaunschiefer Feldspath enthält, findet sich in dem Schiefer so viel Alkali, dass ein fernerer Zusatz von Alkalien zu der gesättigten Lauge, behufs der Darstellung nicht mehr nöthig ist.

Die Alaunerde ist eine mit vielen erdigen Theilen und Schwefelkies gemengte Braunkohle oder auch ein mit Bitumen und Schwefelkies gemengter Thon. Gewöhnlich ist sie erdig, im Grossen zuweilen schieferig. Sie findet sich in der norddeutschen Ebene in der Nähe der Oder bei Freienwalde, Gleissen, Schermeissel und in der Oberlausitz bei Muskau; sie kommt ferner vor zu Kreuzkirch bei Neuwied und auf der Rhön.

Der Schwefel ist in der Alaunerde theils im freien Zustande (durch Schwefelkohlenstoff ausziehbar), theils als Schwefelkies enthalten. Das Eisen befindet sich darin theils als Schwefelkies, theils als huminsaures Eisenoxydul.

Darstellung des Alauns aus der Alaunerde und aus dem Alaunschiefer.

Die Darstellung des Alauns aus der Alaunerde zerfällt in sechs verschiedene Operationen und zwar in:

1) die Röstung der Alaunerde,
2) das Auslaugen der gerösteten Erde,
3) das Concentriren der Lösung,
4) die Präcipitation des Alaunmehls,
5) das Waschen desselben,
6) das Umkrystallisiren des Alauns.

Die Röstung der Alaunerde ist die bei Weitem wichtigste aller Operationen, da ein grosser Theil der Alaunwerke nur durch möglichst billige Erzeugung der schwefelsauren Thonerde bei den theuren alkalischen Zuschlagsmitteln seine Existenz behaupten kann. Ob zur Erzielung des

Maximum an schwefelsaurer Thonerde die Erze einem wirklichen Röstprocesse unterworfen werden müssen, oder ob ein blosses Verwitternlassen derselben ausreicht, darüber muss die Beschaffenheit der einzelnen Erze und die Erfahrung entscheiden.

Der Vorgang, welcher bei dem Verwitterungs- und Röstprocesse stattfindet, ist folgender: Bei dem Verwitterungsprocess wird das Eisenbisulfuret, das sich in der Alaunerde in Gestalt von Vitriolkies oder Wasserkies befindet, durch Aufnahme von 7 Aequiv. Sauerstoff in Eisenvitriol und Schwefelsäure verwandelt, welche letztere, indem sie auf den Thon einwirkt, eine äquivalente Menge schwefelsaurer Thonerde bildet. Durch das Rösten geht das Eisenbisulfuret in Monosulfuret und Schwefel über, welcher letztere ebenso wie der in der Alaunerde enthaltene freie Schwefel zu schwefliger Säure verbrennt, die zersetzend auf den Thon einwirkt und schwefligsaure und schwefelsaure Thonerde bildet. Erstere geht in Folge des Liegenlassens des gerösteten Haufens an der Luft nach und nach in schwefelsaure Thonerde über. Das Eisenmonosulfuret geht durch den Röstprocess in Eisenvitriol und letzterer in unlösliches basisch schwefelsaures Eisenoxyd über, wobei Schwefelsäure frei wird, die einen neuen Antheil Thon zersetzt. Werden die Erze sogleich nach der Röstung verarbeitet, so geben sie etwa um $^1/_6$ weniger schwefelsaure Thonerde, als solche, die nach der Röstung etwa noch ein Jahr der Röstung ausgesetzt werden.

Auslaugen. Das Auslaugen der gerösteten Alaunerze geschieht in den Auslaugekästen (dem Waschwerk), in welche das Erz gekarrt wird. Diese Kästen stehen in fünf Reihen neben einander: die erste Reihe ist um eine Kastenhöhe höher als die zweite und diese gleichfalls um eine höher als die dritte. Die Kästen haben eine Länge von etwa 20 Fuss, eine Breite von 15 und eine Höhe von 4 Fuss und stehen auf einem Boden von festgestampftem Thon. Sie werden zu $^3/_4$ mit Erz und darauf mit Wasser angefüllt. Entfernt man einen unten am Kasten befindlichen Zapfen, so fliesst die Lauge vermittelst einer Rinne in einen zweiten Auslaugekasten, von da in einen dritten und so fort. Hat die Lauge noch nicht ein spec. Gewicht von 1,16 erreicht, so wird sie auf frisches Erz geschüttet. Das ausgelaugte Erz, welches sich vorher nicht entzündet hatte, wird wieder auf Haufen geschüttet, der Verwitterung nochmals unterworfen und später noch einmal ausgelaugt. Man leitet die Lauge in Kästen, in welchen sie so lange stehen bleibt, bis die gröberen Unreinigkeiten sich abgesetzt haben, worauf aus diesen die geklärte Lauge durch einen gemauerten Kanal in einen vor dem Siedehause befindlichen bedeckten Behälter oder auch in das Siedehaus selbst geführt wird.

Abdampfen der Lauge. Das Concentriren der rohen Lauge durch Abdampfen geschieht in bleiernen Pfannen, welche man zuweilen durch gusseiserne ersetzt. Da diese aber leicht springen, ferner durch die saure Flüssigkeit leicht angegriffen werden, bleierne Pfannen dagegen leicht durchschmelzen, so hat man gegenwärtig auf den meisten Alaunwerken die zweckmässige Einrichtung getroffen, dass die Lauge in gemauerten Räumen, welche den Herd eines Flammenofens bilden, sich befindet und die Flamme und heisse Luft über die Oberfläche hinstreichen. Da hierbei die Rohlauge durch Russ- und Flugasche verunreinigt wird, so verdient

die von Bleibtreu auf den rheinischen Alaunwerken eingeführte Gasheizung alle Beachtung.

Die Behandlung der rohen Lauge während des Concentrirens ist von ihrer Beschaffenheit und der Quantität des darin enthaltenen Eisenvitriols abhängig. Da gewöhnlich der Eisenvitriol in grosser Menge in der rohen Lauge enthalten ist, so sind in Deutschland viele Alaunwerke zugleich Vitriolwerke. Ist die Menge des Eisenvitriols in der rohen Lauge zu gering, als dass sich eine Verarbeitung derselben auf Vitriol verlohnte, so nimmt man keine Rücksicht darauf, sondern dampft die Rohlauge ab, bis sie ein spec. Gewicht von 1,40 zeigt. Während des Siedens der Lauge scheidet sich basisch schwefelsaures Eisenoxyd aus und die Lauge nimmt eine rothgelbe Farbe und schlammige Beschaffenheit an, weshalb sie, ehe man „zum Alaunmachen" schreitet, geklärt werden muss. Das Klären geschieht in den Sedimentir- oder Schlammkästen, grossen, aus hölzernen Bohlen zusammengefügten Kästen, deren Fugen wasserdicht verkittet sind. Nachdem darin der Vitriolschmand sich abgeschieden und die Lauge sich geklärt hat, so wird sie in die Präcipitirkästen (Rüttel- oder Schüttelkästen) geleitet, um dort gefällt zu werden.

Mehlmachen. Die Präcipitation der Lauge oder das Mehlmachen geschieht durch Zusatz eines Kalisalzes, wenn man Kalialaun, eines Ammoniaksalzes, wenn man Ammoniakalaun darstellen will. Die Lösung des Alkalisalzes wird der Fluss oder das Präcipitirmittel genannt. Indem die schwefelsaure Thonerde der Lauge mit dem Alkalisalze zusammentritt, bildet sich Alaun, welcher in dem Flüssigkeitsquantum, das in der Lauge und dem Fluss enthalten ist, in der Kälte sich nicht löst und daher zum grössten Theile sich abscheidet. Die Bildung grösserer Krystalle, welche Mutterlauge einschliessen und dadurch verunreinigt würden, sucht man durch Umrühren der Lauge zu verhindern. Der Alaun scheidet sich in Gestalt eines feinen krystallinischen Pulvers als Alaunmehl aus, welches von der anhängenden Mutterlauge durch Waschen befreit werden kann.

Früher wendete man als Fällungsmittel Holzaschenlauge, gefaulten Harn u. s. w. an, jetzt benutzt man entweder Chlorkalium, oder das als Rückstand von der Bereitung der Salpetersäure bleibende zweifach schwefelsaure Kali, welches vorher mit Potasche und zwar mit einer an schwefelsaurem Kali reichen neutralisirt wird. Chlorkalium ist nur dann mit Vortheil anwendbar, wenn die Lauge grössere Mengen von Eisenvitriol enthält, welcher sich damit zu schwefelsaurem Kali und Eisenchlorür umsetzt. Potasche ist nur dann möglich, wenn die Lauge die zur Neutralisation erforderliche Menge freier Schwefelsäure enthält, ausserdem würde sich ein Theil der schwefelsauren Thonerde als unlöslicher Alaun abscheiden. Als Ammoniaksalz wendet man fast nur das schwefelsaure Salz an.

Die über dem Alaunmehl stehende Mutterlauge ist schwach grünlich gefärbt und enthält nur noch wenig Alaun, dagegen Chloreisen (Eisenchlorür und

-chlorid), schwefelsaures Eisenoxydul und Eisenoxyd, schwefelsaure Magnesia oder Chlormagnesium, je nachdem man zum Fällen des Alaunmehls sich der schwefelsauren Salze oder der Chlormetalle bedient hatte. Man verarbeitet sie auf unreinen Alaun, Eisenvitriol oder benutzt sie zur Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak.

Waschen und Umkrystallisiren. Das so gewonnene Alaunmehl wird gewaschen, um es von anhängender Mutterlauge zu befreien. Zu diesem Zwecke benutzt man eine Waschbank, eine aus etwa vier Fuss breiten Bohlen gefertigte geneigte Ebene, die sich unter einem Winkel von etwa 15° gegen den Horizont neigt. Unter der Waschbank befindet sich ein Sumpf, zur Aufnahme des abfliessenden Waschwassers bestimmt. Hier wird nun das den Präcipitirkästen entnommene Alaunmehl mit kaltem Wasser gewaschen. Das in den Sumpf ablaufende Wasser wird mit neuer Alaunlauge versotten.

Das gewaschene Alaunmehl wird durch Umkrystallisiren in die Form von grösseren Krystallen gebracht, wodurch der Alaun grössere Reinheit erhält als in der Gestalt von Alaunmehl. In den deutschen Alaunwerken löst man zu diesem Zwecke das Alaunmehl in 40 pCt. seines Gewichtes siedendem Wasser in hölzernen, mit Blei ausgefütterten Bottichen (Wachspfannen) und leitet die heisse Lösung in die Krystallisir- oder Wachsfässer. Die Krystallisation des Alauns in denselben erfolgt sehr bald und ist je nach der Temperatur der Luft in 8—10 Tagen beendigt. Nach vollendeter Krystallisation findet sich nur in der Mitte des Fasses noch eine geringe Quantität flüssiger Lauge, während der ganze übrige Raum mit Alaunkrystallen angefüllt ist. Das Fass wird umgestürzt, um die Lauge abfliessen zu lassen. Um beim Transport des Alauns die Holzfracht zu sparen, welche durch Verpacken des Alauns in Fässer nothwendig veranlasst würde, zerschlägt man die fest zusammenhängende Krystallmasse nicht, sondern verschickt sie in der ursprünglichen Tonnenform. Man nennt die Krystallisation des Alauns das Wachsmachen und die reinen Krystalle die Wachskrystalle.

Darstellung des Alauns aus Thon und Schwefelsäure. In neuerer Zeit hat man angefangen, Alaun aus eisenfreiem Thone und Schwefelsäure darzustellen.

Man nimmt zur Bereitung der schwefelsauren Thonerde Thon, der möglichst frei sein muss von Kalk und kohlensaurem Eisenoxydul, und glüht ihn bei Zutritt der Luft, theils um das Eisen darin in Eisenoxyd überzuführen und daraus das Wasser zu entfernen, theils aber auch, um die Thonerde löslicher in Säuren zu machen. Durch die Entfernung des Wassers wird nämlich der Thon porös und erlangt die Eigenschaft, die Schwefelsäure durch Capillarität aufzunehmen.

Man trägt den schwach geglühten und pulverisirten Thon in Schwefelsäure von 50% ein, die vorher in einer Bleipfanne bis nahe zum Sieden erhitzt worden ist. Die Masse schäumt auf und verdickt sich. Man lässt sie in eisernen Kästen erstarren. Sodann zieht man sie mit Wasser oder besser mit Lauge, die man beim Waschen des Alauns erhält, aus,

lässt die Flüssigkeit absetzen und kocht sie nach dem Klären mit der nöthigen Menge zweifach schwefelsauren Kalis. Man überlässt die Mischung in bleiernen Pfannen der ruhigen Krystallisation. Der so gewonnene Rohalaun wird mit Wasser gewaschen, sodann in Wasser gelöst und die Lösung während des Erkaltens in einer flachen Bleipfanne gerührt, wodurch man Alaunmehl erhält, das mit Wasser abgespült und dadurch von aller Mutterlauge befreit wird. Man verwendet dieses Alaunmehl, ohne es in Krystalle zu verwandeln.

Versuche, die Thonerde des Thons vor dem Behandeln mit Schwefelsäure in Kali-Aluminat überzuführen und dieses durch Schwefelsäure sofort in Alaun zu verwandeln, stehen noch vereinzelt da, obgleich gewiss eine Alaundarstellung nach diesem Principe vortheilhaft wäre.

Eigenschaften des Alauns. Der Kalialaun ($KO, SO_3 + Al_2 O_3, 3 SO_3 + 24 HO$) besteht in 100 Theilen aus:

| | |
|---|---|
| Kali | 9,95 |
| Thonerde | 10,83 |
| Schwefelsäure | 33,71 |
| Wasser | 45,51 |
| | 100,00 |

krystallisirt leicht und deutlich in regulären Octaëdern, verliert bei 60° C. 18 Aequivalente Wasser, schmilzt bei 92° in seinem Krystallwasser zu einer farblosen Flüssigkeit und bleibt nach dem Erkalten noch längere Zeit flüssig, bevor er zu einer Krystallmasse erstarrt. Nicht ganz bis zum Glühen erhitzt, verliert er unter starkem Aufblähen sein Wasser und geht in gebrannten Alaun (Alumen ustum) über, der als weisse, poröse, zerreibliche Masse erscheint.

Durch Glühen mit Kohle bildet der Kalialaun eine pyrophorische Masse.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 Th. Wasser von | 0° lösen | 3,9 | Th. Kalialaun |
| ,, ,, ,, | ,, 20° ,, | 15,13 | ,, ,, |
| ,, ,, ,, | ,, 40° ,, | 30,92 | ,, ,, |
| ,, ,, ,, | ,, 100° ,, | 357,48 | ,, ,, |

Die Lösung schmeckt süsslich zusammenziehend und reagirt sauer; in Folge dieser sauren Reaction entwickelt Alaun mit Kochsalz erhitzt Salzsäure und zerstört concentrirte Alaunlösung die blaue Farbe des Ultramarins.

Ammoniakalaun. Der Ammoniakalaun ($NH_4 O, SO_3 + Al_2 O_3, 3 SO_3 + 24 HO$) besteht in 100 Theilen aus:

| | |
|---|---|
| Ammoniak | 3,89 |
| Thonerde | 11,90 |
| Schwefelsäure | 36,10 |
| Wasser | 48,11 |
| | 100,00 |

Man fabricirt ihn häufiger in England als in Deutschland. Wegen des hohen Preises des Kalis und der überhandnehmenden billigen Darstellung von Ammoniaksalzen in Folge der Steinkohlengasbereitung ist es wahrscheinlich, dass der Ammoniakalaun mit der Zeit den Kalialaun verdrän-

gen wird. Beim starken Erhitzen des Ammoniakalauns entweicht schwefelsaures Ammoniak, Wasser und Schwefelsäure, während reine Thonerde zurückbleibt.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 Th. | Wasser | von | $0^0$ | lösen | 5,22 | Th. | Ammoniakalaun |
| ,, | ,, | ,, | ,, | $20^0$ | ,, | 13,66 | ,, | ,, |
| ,, | ,, | ,, | ,, | $40^0$ | ,, | 27,27 | ,, | ,, |
| ,, | ,, | ,, | ,, | $100^0$ | ,, | 421,90 | ,, | ,, |

Der Natronalaun ($NaO, SO_3 + Al_2O_3, 3\,SO_3 + 24\,HO$) besteht in 100 Theilen aus:

| | |
|---|---|
| Natron | 6,8 |
| Thonerde | 11,2 |
| Schwefelsäure | 34,9 |
| Wasser | 47,1 |
| | 100,0 |

Seine Darstellung mit schwefelsaurer Thonerde und Glaubersalz ist eben so leicht wie die Bereitung des Kalialauns und er würde jedenfalls wegen des niedrigen Preises des schwefelsauren Natrons vortheilhaft anzuwenden sein, wenn nicht seine grosse Löslichkeit in Wasser die Ausscheidung aus seiner Mutterlauge verhinderte. Da sich das Eisen aus ihm nicht durch Umkrystallisiren entfernen lässt, so muss man zu seiner Darstellung eisenfreie schwefelsaure Thonerde und eisenfreies Glaubersalz anwenden.

Das neutrale oder kubische Alaun (Würfelalaun) ($KO, SO_3 + Al_2O_3, 2\,SO_3$) wird erhalten, indem man dem Alaun Thonerde durch Zusatz von kohlensaurem Kali oder Natron entzieht, bis Thonerde sich auszuscheiden beginnt, oder Alaunlösung mit Thonerdehydrat digerirt. Man stellt ihn ferner durch Kochen von 12 Th. Alaun und 1 Th. gelöschtem Kalk in Wasser dar. Die Flüssigkeit liefert beim Erkalten Würfel, welche zu gewissen Anwendungen in der Färberei und Zeugdruckerei vor dem gewöhnlichen Alaun den Vorzug verdienen, weil sie durch keine saure Reaction die Nüancen der Farben zu verändern im Stande sind. Ammoniakalaun giebt, auf ähnliche Weise behandelt, ebenfalls einen neutralen Ammoniakalaun.

Der unlösliche Alaun, basischer Alaun ($KO, SO_3 + Al_2O_3, SO_3$), durch Kochen einer Alaunlösung mit Thonerdehydrat erhalten, ist ein in Wasser unlösliches, weisses Pulver und nähert sich in seiner Zusammensetzung der des reinen Alaunsteins. Er löst sich in Essigsäure.

Schwefelsaure Thonerde. In neuerer Zeit findet sich unter dem Namen concentrirter Alaun freie schwefelsaure Thonerde in dem Handel und erscheint in platten, viereckigen, zolldicken Tafeln, ist von weisser Farbe und schwach durchscheinend und lässt sich mit einem Messer wie Käse schneiden. Er löst sich leicht in Wasser, schmeckt süsslich herb, jedoch viel intensiver als gemeiner Alaun.

Nach dem Patente von Wiesmann stellt man den concentrirten Alaun auf folgende Weise dar: Man calcinirt eisenfreien Thon bei Rothglühhitze, mahlt ihn dann zu Pulver und versetzt dasselbe in bleiernen Pfannen mit so viel concentrirter Schwefelsäure von $66^0$ B., dass er dadurch fast ganz, jedoch nicht vollständig aufgelöst werden kann und erhitzt zu diesem Zwecke die Pfanne durch Dampf. Die Masse wird unter

beständigem Umrühren zur Trockne verdampft und die trockne Masse mit siedendem Wasser ausgezogen. Man lässt die Flüssigkeit sich absetzen und fällt dann aus ihr mit einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz das Eisen; die von dem Berlinerblauniederschlage klar abgezogene Flüssigkeit ist nun eine Lösung von reiner Thonerde; sie wird so weit abgedampft, dass sie beim Erkalten zu einer festen Masse erstarrt.

Die Resultate der Analysen entsprechen ziemlich genau der Formel $Al_2 O_3$, $3 SO_3 + 18 HO$.

Nicht immer ist jedoch die schwefelsaure Thonerde rein, so fand z. B. Wildenstein in einem concentrirten Alaun, der als eine weisse, aus kleinen undeutlichen Krystallen bestehende Masse erschien, mehr als 11 pCt. Eisenvitriol.

Der allgemeinen Verbreitung des Präparates stehen Hindernisse verschiedener Art entgegen. Früher glaubte man, dass der concentrirte Alaun bezüglich der Herstellung von essigsaurer Thonerdebeize wesentliche Vortheile habe, indem man, da er kein schwefelsaures Kali enthält, bei seiner Zersetzung durch essigsaures Bleioxyd $^1/_4$ des früher verbrauchten Bleizuckers erspart. Es hat sich aber herausgestellt, dass die schwefelsaure Thonerde den Alaun zur Herstellung der essigsauren Thonerde nicht vollständig zu ersetzeu vermag, das Vorhandensein einer beträchtlichen Menge essigsauren Kalis oder essigsauren Ammoniaks ist keineswegs überflüssig für den Färber und Zeugdrucker; ferner ist es weit schwieriger und kostspieliger, den concentrirten Alaun eisenfrei darzustellen, als den gewöhnlichen Alaun; endlich ist es ein grosser Uebelstand, dass jenes Präparat sehr verschieden in seinem Wasser- und selbst in seinem Säuregehalt sein kann.

Anwendung des Alauns und der schwefelsauren Thonerde.

Der Alaun findet in Folge der grossen Verwandtschaft der in ihm enthaltenen Thonerde zu den Gespinnstfasern, namentlich Wolle und Baumwolle einestheils, anderntheils zu den Farbstoffen, Anwendung in der Färberei und Zeugdruckerei, insofern die Thonerde die Verbindung des Farbstoffes mit der Faser vermittelt. Auf der Eigenthümlichkeit des Thonerdehydrates, mit den Farbstoffen Verbindungen einzugehen, beruht die Anwendung des Alauns zur Darstellung der Lackfarben. Der Alaun dient ferner als Läuterungsmittel beim Ausschmelzen des Talges, zum Härten des Gypses und zur Darstellung der essigsauren Thonerde. In der Weiss- oder Alaungerberei macht eine Lösung von Alaun und Kochsalz die geschwellten Häute weissgar. Der Alaun dient ferner als Klärungsmittel vieler Flüssigkeiten, z. B. schlammigen Trinkwassers; im letzteren Falle werden, indem der Alaun aus dem Schlamm Thonerde aufnimmt und in unlösliches Alaun übergeht, die in dem Wasser suspendirten Unreinigkeiten von dem niederfallenden Alaun eingehüllt und die Flüssigkeit wird dadurch geklärt. Eine siedend gesättigte Lösung von Alaun, Kochsalz und Salpeter wird zum Färben des Goldes benutzt.

Essigsaure Thonerde.

Die essigsaure Thonerde wird durch Zersetzung von schwefelsaurer Thonerde mit essigsaurem Bleioxyd, Baryt oder Kalk erhalten; die von dem schwefelsauren Bleioxyd abfiltrirte Flüssigkeit wird

zur Trockne verdunstet; die zurückbleibende Masse ist gummiartig und nicht krystallisirbar, zerfliesslich und sehr zusammenziehend. Lässt man sie an der Luft verdunsten, so geht die essigsaure Thonerde unter Verlust von Essigsäure in eine in Wasser vollkommen unlösliche Verbindung (basisch essigsaure Thonerde) über. Im reinen Zustande findet diese Verbindung weit seltener Anwendung als mit Alaun, essig- und schwefelsaurem Kali oder Ammoniak vermischt, in welchem Zustande sie die Rothbeize (mordant rouge) bildet.

Soll neutrale essigsaure Thonerde mit Hülfe von Alaun dargestellt werden, so wendet man auf 100 Th. Bleizucker 62,6 Th. Alaun an, wenn die Zersetzung gegenseitig eine vollständige sein soll. Meist nimmt man aber den Alaun im Ueberschuss. Vortheilhafter ist es, Alaunlösung vorher durch kohlensaures Natron in unlöslichen Alaun zu verwandeln und diesen dann in Essigsäure zu lösen.

Die essigsaure Thonerde kommt nicht in den Handel, sondern wird von den Consumenten selbst bereitet; sie zeigt fast nie eine constante Zusammensetzung, was davon herrührt, dass man zum Zersetzen des Alauns bald Bleizucker, bald essigsauren Kalk, bald essigsaures Natron verwendet und zwar diese Zersetzungsmittel in sehr verschiedenen Mengen. Man setzt zuweilen der Rothbeize Mittel zu, die deren schnelles Trocknen auf den Stoffen verhindern sollen, z. B. Chlorzink, Kochsalz und Salmiak. Arsenige Säure, die man früher oft zusetzte, wird zu diesem Zwecke nicht mehr verwendet.

Man verwendet die essigsaure Thonerde als Beize in der Baumwollfärberei und Zeugdruckerei, sowie zum Wasserdichtmachen von Wollgeweben.

## Der Eisenvitriol.

Eisenvitriol. Der Eisenvitriol (grüner Vitriol, Kupferwasser) oder das schwefelsaure Eisenoxydul (FeO, $SO_3$) kommt mit sieben Aequivalenten Wasser verbunden in grünlich blauen Krystallen im Handel vor, die einen zusammenziehenden, tintenartigen Geschmack besitzen, an der Luft leicht verwittern und sich dabei mit einem gelben Pulver — basisch schwefelsaurem Eisenoxyd — überziehen, zu welchem zuletzt die Krystalle gänzlich zerfallen. 100 Theile krystallisirter Eisenvitriol (im chemisch reinen Zustande) bestehen aus:

26,10 Th. Eisenoxydul,
29,90 Th. Schwefelsäure,
44,00 Th. Wasser.

Darstellung des Eisenvitriols neben der Alaunfabrikation. Da die Substanzen, welche zur Alaunfabrikation angewendet werden, stets Schwefelkies ($FeS_2$) enthalten, welcher durch Verwittern und Rösten in schwefelsaures Eisenoxydul und Eisenoxyd übergeht, so erhält man den Eisenvitriol sehr häufig als Nebenproduct bei der Alaunfabrikation, indem man die eisenhaltigen Mutterlaugen abdampft und krystallisiren lässt. In einigen Gegenden, wie zu Goslar am Harz, gewinnt man zuerst durch Abdampfen der Flüssigkeit,

die man durch Auslaugen der verwitterten Kiesel erhalten hat, Eisenvitriol, und setzt zu der zurückgebliebenen Lösung eine Kali- oder Ammoniakverbindung, um daraus Alaun zu gewinnen. — Aus Stein- und Braunkohlenlagern, in denen sich häufig Schwefelkies und Magnetkies in grosser Menge findet, die sich leicht zu Eisenvitriol und Schwefelsäure oxydiren, gewinnt man den Eisenvitriol, indem man in eine mit Lehm wasserdicht gemachte Grube das Erz ausbreitet und dort jahrelang liegen lässt. Die Grube ist nach der einen Seite zu geneigt, auf dieser Seite befindet sich ein ebenfalls wasserdichter Behälter. Wenn es auf diese Haufen (Bühnen) regnet, so löst das Wasser den entstandenen Eisenvitriol auf und fliesst in den Behälter, in welchem sich Eisenabfälle befinden, um das Eisenoxyd in Oxydul umzuwandeln und die freie Schwefelsäure abzustumpfen. Aus diesem Behälter pumpt man die Lösung in die Abdampfpfannen, in welchen sie zur Krystallisation abgedampft wird. In Gegenden, in welchen vortheilhaft aus dem Schwefelkies Schwefel destillirt werden kann, benutzt man den abdestillirten Schwefelkies (Schwefelbrand, Abbrand) durch Verwitternlassen und Auslaugen auf Eisenvitriol.

Darstellung des Alauns auf Bühnen.

Aus abdestillirtem Schwefelkies.

Aus Eisen und Schwefelsäure.

Aus den zur Eisenvitriolfabrikation verwendeten Erzen gehen natürlicherweise mancherlei fremde Bestandtheile in den Eisenvitriol über, die denselben verunreinigen. Um reinen Eisenvitriol darzustellen, muss man daher Eisen mit verdünnter Schwefelsäure behandeln ($Fe + SO_3 + 8\ HO = (FeO, SO_3) + 7\ HO + H$), die Flüssigkeit verdampfen und krystallisiren lassen. Dort, wo die localen Verhältnisse es gestatten, stellt man den Eisenvitriol oft sehr wohlfeil durch Auskochen von gepochten Eisenfrischschlacken mit Schwefelsäure dar.

Traubenvitriol.

Die im Grossen erhaltene Eisenvitriollösung wird in die Krystallisirgefässe gegossen, in welche man gewöhnlich Holzstäbe oder Strohhalme gestellt hat. Die an den Stäben sich absetzenden Krystalle bilden den sogenannten Traubenvitriol. Die am Boden und an den Wandungen befindlichen Krystalle, die Tafeln, sind minder schön krystallisirt.

Schwarzvitriol.

Durch verschiedene Metallsalze verunreinigt, existirt im Handel eine fast dunkelbraune Art von Eisenvitriol, der sogenannte Schwarzvitriol, der aber auch zuweilen auf den Hütten angefertigt wird, indem man grünen Eisenvitriol durch einen Aufguss von Erlenblättern oder Galläpfeln schwarz färbt.

Anwendung des Eisenvitriols.

Der Eisenvitriol wird hauptsächlich in der Färberei zum Schwarzfärben angewendet, indem das Oxydul des Eisenvitriols sich zu Oxyd oxydirt, und in diesem Zustande durch die in den Galläpfeln, der Eichenrinde, dem Quercitron, dem Gelbholz, dem Fustikholz u. s. w. enthaltene Gerbsäure (das Tannin) in gerbsaures Eisenoxyd verwandelt wird; er wird ferner angewendet zur Bereitung der Tinte, zum Desoxydiren des Indigs (Bereitung der kalten Küpe), zum Reinigen des Leuchtgases,

zum Desinficiren der Kloaken, zum Fällen des Goldes aus seinen Lösungen ($AuO_3 + 6\ FeO, SO_3 = 3\ Fe_2O_3 + 6\ SO_3 + Au$); zur Darstellung des Berliner Blaues und der rauchenden Schwefelsäure, zum Conserviren des Holzes und noch zu vielen anderen Zwecken.

## Das Ultramarin.

Ultramarin. Das Ultramarin ist die bekannte schöne blaue Farbe, die man früher aus dem Lasurstein oder Lapis Lazuli darstellte, jetzt aber künstlich in grosser Menge erhält. Der Lasurstein findet sich in

Natürliches. schön blauen Massen von 2,75—2,95 spec. Gewichte. Aus diesem Steine stellte man ehedem das Ultramarin dar, indem man die wenigen guten Stücken gröblich pulverte, glühte, in Wasser abschreckte und das erhaltene feine Pulver mit sehr verdünnter Essigsäure digerirte, um den mit dem Lasurstein gemengten kohlensauren Kalk aufzulösen. Darauf wurde der Lasurstein auf dem Reibstein fein gerieben, mit einem gleichen Gewichte eines Gemenges von Harz, Wachs, Leinöl und Burgunderpech gemischt. Diesen Teig knetet man nun unter Wasser so lange, als dasselbe noch blau gefärbt wird; aus dem Wasser setzt sich das Ultramarin als feines Pulver ab. Auf diese Weise erhält man ungefähr 2—3 pCt. Ultramarin. Durch die chemische Analyse des Lasursteins gelangte man zur genauen Kenntniss der Zusammensetzung desselben, welche nach vielen fruchtlosen Versuchen zur Darstellung des künstlichen Ultramarins führte, das dem natürlichen an Güte und Schönheit der Farbe nichts nachgiebt und sowohl das natürliche, als auch andere blaue Farben, wie z. B. die Smalte, in den meisten Fällen ersetzen kann. Der Lasurstein besteht in 100 Theilen aus 45,40 Th. Kieselerde, 31,67 Th. Thonerde, 9,09 Th. Natron, 5,89 Th. Schwefelsäure, 0,95 Th. Schwefel, 3,52 Th. Kalk, 0,86 Th. Eisen, 0,42 Th. Chlor und 0,12 Th. Wasser.

Künstliches Ultramarin. Das künstliche Ultramarin wurde von Guimet entdeckt und durch die Methode von Engelhart, Gmelin, Brunner, Prückner und Leykauf und Anderen verbessert.

Die Fabrikation des Ultramarins zerfällt: I. in die Darstellung des grünen Ultramarins und II. in die Ueberführung desselben in das blaue Ultramarin.

Rohmaterialien. Die Rohstoffe sind: 1) ein möglichst eisenfreies Thonerdesilicat, am besten Porcellanerde, 2) calcinirtes Glaubersalz, 3) calcinirte Soda, 4) Schwefelnatrium (als Nebenproduct der Fabrikation), 5) Schwefel, 6) Holzkohlen- oder Steinkohlenpulver.

Als Thonerdesilicat verwendet man Procellanthon oder eine weisse Thonart, deren Zusammensetzung von der der Porcellanerde nicht sehr abweicht. Geringe Beimengung von Kalk und Magnesia sind nicht schädlich; der Eisenoxydgehalt soll nicht über 1 pCt betragen. Der geschlämmte Thon wird ge-

trocknet und nach dem Trocknen geglüht, wodurch der Thon mürbe und spröde wird, die Eigenschaft verliert, schmierig und fett zu sein, und sich nun leicht durch Pochwerke und Quetschwerke pulvern lässt.

Das Glaubersalz darf keine freie Säure enthalten und muss frei von Blei und möglichst frei von Eisen sein. Hat das zur Verfügung stehende Glaubersalz diese Eigenschaften nicht, so löst man es in Wasser, neutralisirt die freie Säure mit Kalkmilch, wobei zugleich das Eisenoxyd gefällt wird, decantirt nach dem Absetzenlassen die klaren Laugen und lässt krystallisiren und entwässert die Krystalle auf der vertieften Sohle eines Flammenofens oder eisernen Kessels.

Die calcinirte Soda findet, wie sie von den Sodafabriken geliefert wird, Anwendung.

Das Schwefelnatrium (bei der Anwendung als Natriummonosulfuret NaS in Anwendung gebracht) tritt in der Regel als Nebenproduct der Fabrikation auf und wird entweder in flüssiger Form oder eingetrocknet und pulverisirt angewendet.

Den Schwefel wendet man in Form von Stangenschwefel an; er wird als staubförmiges Pulver vorräthig gehalten.

Die Kohle, welche zur Entfernung des Sauerstoffs dient, wendet man in Gestalt von Holzkohle oder Steinkohle an; man mahlt die Kohle in Sandstein- oder Granitmühlen mit Wasser, bis sie in einen feinen Schlamm verwandelt worden ist, welcher nach dem Trocknen zerdrückt und gesiebt wird.

Herstellung des grünen Ultramarins. Bei der Herstellung des Satzes zum grünen Ultramarin können nach Gentele folgende drei Mischungen gelten:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Porcellanthon (wasserfrei) | 100 | 100 | 100 |
| calcinirt. Glaubersalz | 83—100 | — | 41 |
| calcinirte Soda | — | 100 | 41 |
| Kohle | 17 | 12 | 17 |
| Schwefel | — | 60 | 13 |

100 Th. calcinirter Soda werden durch 80 Th. calcinirtes Glaubersalz, 100 Th. des letzteren durch 70 Th. trockenes Schwefelnatrium ersetzt.

Glühen des Satzes. Das Glühen des Satzes. Der Satz kommt in Chamottetiegel, in welche er mit passenden Holzkeulen eingestampft wird. Das Erhitzen geschieht in Oefen, deren Construction der der kleinen Porcellanöfen ähnlich ist, bei erforderlicher hoher und gleichförmiger Temperatur und möglichst gehindertem Luftzutritte. Die Temperatur, welche den Glühgefässen nach und nach ertheilt wird, streift an helle Rothglühhitze oder angehende Weissglühhitze. Die Dauer eines Brandes variirt von 7—10 Stunden. Man lässt den Ofen verschlossen erkalten. Der Inhalt der Tiegel erscheint als eine gesinterte Masse von grauem, oft gelbgrünem Ansehen; er wird wiederholt abgewässert. Das so erhaltene Ultramarin ist eine lockere, schwammige, aus kleinen und grossen porösen Stücken bestehende Masse, die auf Mühlen bis zur äussersten Feinheit gemahlen wird; das Pulver wird gewaschen und nach dem Waschen getrocknet. Nachdem das Product noch in Quetschmühlen trocken gerieben und durch Haarsiebe geschlagen wurde, ist es als grünes

Ultramarin sowohl zum Verkauf, als auch zur Ueberführung in blaues Ultramarin anwendbar.

Gentele fand in Ultramaringrün:

| | | aus Nürnberg | aus B . . . |
|---|---|---|---|
| Säuren | Schwefel | 3,62 | 3,114 |
| | Schwefelwasserstoff | 2,99 | 3,199 |
| | Schwefelsäure | 0,59 | 0,718 |
| | Kieselsäure | 37,82 | 39,524 |
| Basen | Thonerde | 29,39 | 30,476 |
| | Eisenoxyd | 1,40 | 0,857 |
| | Kalk | 1,13 | 1,346 |
| | Natron | 25,30 | 23,036 |
| | | 101,80 | 102,27 |

Das grüne Ultramarin hat als grüne Farbe im Ganzen noch einen untergeordneten Werth, indem es an Schönheit der Nüance den meisten Kupferfarben nachsteht.

Ultramarinblau. II. Ueberführung des Ultramaringrüns in Ultramarinblau. Die Ueberführung des grünen Ultramarins in blaues kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden und bietet keine Schwierigkeit dar, gegenwärtig findet aber allgemein diese Ueberführung durch Rösten mit Schwefel bei niedriger Temperatur und unter Luftzutritt statt, so dass der Schwefel zu schwefliger Säure verbrennen kann, wobei zugleich ein Theil des Natriums sich oxydirt, welches dann aus dem blauen Ultramarin als schwefelsaures Natron ausgezogen wird. Der im grünen Ultramarin enthaltene Schwefel bleibt jedoch nur mit weniger Natrium verbunden, vollständig zurück.

Bei dem in den deutschen Ultramarinfabriken üblichen Röstverfahren wendet man kleine, über einem Feuerraume eingemauerte Cylinder an, deren hinterer Boden mit einer Oeffnung versehen ist, in welche die Axe einer Flügelwelle gesteckt werden kann. Der vordere Theil lässt sich leicht hinwegnehmen; dieser Theil hat eine Oeffnung für die durchgehende Axe der Flügelwelle, eine kleine Oeffnung unten und eine grössere oben, zum Eintragen des Schwefels dienend, welche beide mit Riegeln verschlossen werden können. An der obern Seite des Cylinders befindet sich noch eine weitere kleine Oeffnung zum Austreten der schwefligen Säure. Der Cylinder wird mit der Flügelwelle versehen, mit grünem Ultramarin beschickt, verschlossen und in dem Ofen erhitzt. Von Zeit zu Zeit werden die Flügel gedreht, um das Ultramarin gleichmässig zu erhitzen. Nachdem der Inhalt des Cylinders so weit erhitzt worden ist, dass eine Probe des in die Oeffnung geworfenen Schwefels sich von selbst entzündet, mässigt man das Feuer, wirft alsdann in den Cylinder 1 Pfd. Schwefelpulver, dreht die Flügelwelle und lässt die Füllöffnung offen, damit der Schwefel verbrennen kann. Man dreht langsamer, bis

keine Schwefeldämpfe mehr entweichen. Dieselbe Behandlung mit Schwefel wird so lange wiederholt, bis eine herausgenommene Probe die höchste Reinheit und Intensität der blauen Farbe zeigt.

Das Präpariren des Ultramarins geschieht auf der granitnen Präparirmühle mit Bodenstein und Laufer. Die fein geriebene Farbe wird nun noch geschlämmt und die verschiedenen Schlämmwasser in Bottiche von Nr. 00, 0, 1, 2, 3 u. s. w. abgelassen, woraus die verschiedenen Sorten Farbe gewonnen werden. Während des Schlämmens geht auch das Versetzen der hellern Sorten des Ultramarins mit Porcellanthon vor sich. Die breiige Masse von geschlämmtem Ultramarin wird in hanfene Säcke gebracht und ausgepresst und nach dem Auspressen auf Horden in geheitzten Räumen getrocknet. Die getrocknete Masse wird gesiebt.

Theorie der Ultramarinfabrikation.

Das Ultramarinblau wurde früher schon einige Mal, besonders aber in der neueren Zeit häufig analysirt. Dass die erhaltenen Resultate nicht genau miteinander übereinstimmen, liegt, wie Wilkens richtig bemerkt, daran, dass man zu den Analysen meist ein Muster Ultramarin nahm, wie es die Fabrik lieferte, und dessen Bestandtheile bestimmte, gleichviel, ob der Arbeiter das Fabrikat mehr oder weniger vollständig ausgewaschen, ob er besser oder schlechter entschwefelt hat. Ferner ist dem Analytiker in den meisten Fällen nicht bekannt, ob ihm ein reines oder ein mit Porcellanthon versetztes Ultramarin zur Untersuchung vorliegt. Die angestellten Analysen lassen indessen auf alle Fälle die Mengen der wesentlichen Bestandtheile des Ultramarinblau deutlich erkennen.

So fand Gentele (1856) bei der Analyse folgender Ultramarinsorten:

| | | D. | E. | H. | I. |
|---|---|---|---|---|---|
| Säuren | Schwefel | 5,80 | 5,90 | 6,61 | 6,63 |
| | Schwefelwasserstoff | 1,12 | 0,93 | 1,33 | 0,87 |
| | Schwefelsäure | 0,96 | 2,52 | 3,13 | 2,70 |
| | Kieselsäure | 39,59 | 36,91 | 40,42 | 38,28 |
| Basen | Thonerde | 31,31 | 29,17 | 25,83 | 31,90 |
| | Eisenoxyd | 1,41 | 1,01 | 1,08 | 0,69 |
| | Kalk | 1,27 | 0,60 | 1,17 | 1,01 |
| | Natron | 17,02 | 21,25 | 20,73 | 20,11 |

D war blaues Ultramarin, aus dem grünen (p. 170) durch Behandeln mit Chlor dargestellt, E eine dunkle Sorte Nürnberger Ultramarin, H Meissner Lasursteinblau Nr. I, I Ultramarinblau von Alexanderthal bei Coburg.

Alle Chemiker sind darüber einig, dass bei der Feststellung einer rationellen Formel des Ultramarins nur vier Substanzen, nämlich Kieselerde, Thonerde, Natron und Schwefel in Betracht zu ziehen seien, über die rationelle Formel selbst und über die Theorie der Bildung des Ultramarins,

namentlich der Ueberführung des grünen in blaues, herrscht dagegen keine Uebereinstimmung.

Nach Breunlin wäre aller Schwefel in dem Ultramarin als Natriumpolysulfuret, und alles Natron und alle Thonerde an Kieselerde gebunden und zwar wie sich aus den Sauerstoffverhältnissen ergiebt, zu $SiO_3$, 2 NaO + $SiO_3$, 2 $Al_2$ $O_3$. In dem Ultramarinblau ist dieses Doppelsilicat mit Natriumpentasulfuret ($NaS_5$), in dem Ultramaringrün mit Natriumbisulfuret ($NaS_2$) vereinigt. Aus dem Sauerstoffverhältniss des Natrons im Doppelsilicat zu dem im Polysulfuret des Natriums, letzteres als Natron berechnet, enthaltenen, ergiebt sich dass im Ultramarinblau 2 ($SiO_3$, 2 NaO + $SiO_3$, 2 $Al_2$ $O_3$) auf $NaS_5$ } komme.
,, Ultramaringrün 1 ($SiO_3$, 2 NaO + $SiO_3$, 2 $Al_2$ $O_3$) auf $NaS_2$ }

Nach der Ansicht von Wilkens ist das grüne Ultramarin, welches der Bildung von blauem stets vorangeht, eine reine Schwefelnatriumverbindung, das blaue Ultramarin dagegen eine Schwefelnatriumverbindung und eine Verbindung von unterschwefligsaurem Natron. Auch Habich betrachtet die blaue Färbung des Ultramarins als wesentlich auf Schwefelnatrium und einer Sauerstoffverbindung des Schwefels beruhend, eine Ansicht, die von Gentele nicht getheilt wird, welcher annimmt, dass das färbende Princip im Ultramaringrün eine kleine Menge blauen Ultramarins und ein Einfach-Schwefelmetall sei, das Färbende im Ultramarinblau sei aber ein Polysulfuret ($NaS_{10}$); die Ueberführung des grünen Ultramarins in blaues geschehe nur durch Austreten von Natrium.

Wäre ein Polysulfuret des Natriums, wie Breunlin und Gentele annehmen, allein die Bedingung der Blaubildung, so müsste sich das grüne Ultramarin bei Abschluss der Luft durch Schwefel in das blaue überführen lassen, was aber nicht der Fall ist. Der Sauerstoff der Luft spielt demnach bei dem Blaubrennen eine wichtige Rolle, und man kann wol, bis entscheidendere Versuche angestellt werden, vor der Hand annehmen, dass die Entstehung der Farbe von einem unvollendeten Oxydationsprocesse einer in dem Gemenge vorhandenen Schwefelverbindung abhängt.

Eigenschaften und Anwendung des Ultramarins.

Das Ultramarin ist ein unfühlbares lasurblaues Pulver, das sich in Wasser nicht löst und an dasselbe nichts abgeben darf; es wird von alkalischen Laugen nicht angegriffen, jedoch durch Säuren, selbst durch sauer reagirende Salze, wie z. B. durch Alaunlösung, unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas entfärbt. Die Bezeichnung, säurefestes Ultramarin, welche man in neuerer Zeit einer Sorte Ultramarinblau gegeben hat, bezieht sich nur auf die Widerstandsfähigkeit gegen Alaun, welche durch Zugeben einer besondern erdartigen Mischung hergestellt worden sein soll.

Es dient besonders zum Malen und Tünchen auf Kalkgrund, so wie in der Wasserglasmalerei, zum Tapetendruck, in der Buntpapierfabrikation, zum Druck auf Leinwand, Baumwoll-, Woll- und Seidenzeuge u. s. w. Ein grosser Theil des Ultramarins wird ferner angewendet, um an sich gelblich- oder röthlich-weisse Stoffe dem Auge rein weiss erscheinen zu lassen. Die blaue Farbe des Ultramarins wirkt auf den schmutziggelben Ton zu Weiss ergänzend. Man nennt diese Art der Anwendung des Ultramarins das Blauen, das indessen weit richtiger das Weissen zu nennen wäre. So blaut man unter Anderm die Leinwand (auf 50 Stück Leinwand 2—3½ Pfd. Ultramarin), die Papiermasse, die Wäsche, die Kalkmilch beim Anstreichen, die Stärke, die Stearinmasse zur Kerzenfabrikation, und

endlich auch den Zucker. Man hat in neuerer Zeit die Frage aufgeworfen, ob der Ultramarinzusatz zum Zucker nicht nachtheilig sei. Wenn man aber in Betracht zieht, dass das Ultramarin aus lauter der Gesundheit nicht schädlichen Substanzen besteht, dass ferner die Menge des Ultramarins im Zucker eine verschwindend kleine ist — auf 1000 Ctr. Zucker genügen in der Regel $2^1/_2$ Pfd. Ultramarin —, so wird diese Frage unbedingt mit Nein beantwortet werden müssen.

## Der Thon und dessen Verarbeitung.

Thon und dessen Verarbeitung.

Der Feldspath ist ohne Zweifel die wichtigste Thonerdeverbindung, die wir in der Natur antreffen. Er ist ein Doppelsalz, dessen Formel folgendermaassen ausgedrückt wird:

$$RO, Si\,O_3 + R_2\,O_3, 3\,Si\,O_3.$$

Feldspath.

In dieser Formel repräsentirt das Glied RO hauptsächlich Kali oder Natron, das Glied $R_2\,O_3$ hingegen fast ausschliesslich Thonerde. Die Zusammensetzung ist der des Alauns vollkommen analog, nur finden wir bei dem Feldspath den Schwefel durch Silicium ersetzt. Die Feldspatharten bilden ein wichtiges Glied der Gebirge und treten als wesentliche Gemengtheile der gneus- und glimmerschieferartigen, granitischen und porphyrartigen Gesteine auf. Aus Feldspath, Glimmer und Quarz besteht fast allein die Schicht des Urgebirges, welche unsern Erdkörper umgiebt. Der Kalifeldspath führt den Namen Orthoklas; ist das Kali durch Natron vertreten, so heisst der Feldspath Albit. In dem Stilbit ist das Kali durch Kalk ersetzt. Wenn der Feldspath (oder manche Varietäten von Amphibol und Pyroxen) unter dem Einflusse von Wasser und Kohlensäure verwittert, wird kieselsaures Kali frei, das ausgewaschen und zum Theil von den Pflanzen aufgesogen wird und als die Quelle alles Kalis anzusehen ist, zum Theil aber auch durch Kohlensäure zersetzt wird, wodurch sich Kieselsäure ausscheidet, während kohlensaures Kali gelöst wird. In Folge dieser Zersetzung ist dem Rückstand stets unverbundene (in Kali lösliche) Kieselsäure beigemengt, welche auch zuweilen zur Bildung von Opal, Chalcedon und Hornstein Veranlassung gab *). Die zurückbleibende kieselsaure Thonerde bildet den sogenannten

Thon.

Thon, dessen wesentlichster Bestandtheil kieselsaure Thonerde ist. Der am Orte seiner Entstehung lagernde Thon giebt, mit Wasser angerührt, nur eine sehr wenig plastische Masse; man nennt diese Thonart Kaolin oder Porcellanerde, sie findet sich häufig in Trümmern des Urgebirges, mit Quarz und auch mit Glimmer und

Kaolin oder Porcellanerde.

*) So finden sich z. B. in der Porcellanerde von Obernzell bei Passau Knollen von Opal und Halbopal; auch der sogenannte Knollenstein in dem zersetzten Porphyr der Gegend von Halle dürfte auf ähnliche Weise entstanden sein.

desgl. gemengt, was ihre Bildung aus dem Feldspath eines Granits, eines Porphyrs u. s. w. anzeigt. Wenn diese Thonart durch Ueberschwemmungen fortgerissen und wieder abgelagert wird, so bildet sich der Thon, welcher mit Wasser die bekannte knetbare Masse bildet. Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Kaoline und Thone ist eine verschiedene, schon aus dem Grunde, weil sich darin ausser der eigentlichen plastischen Substanz die vorhin erwähnten, mechanischen Beimengungen finden. Sobald aber diese Beimengungen theils durch Schlämmen, theils durch ein kurzes Kochen mit Kalilauge (wodurch die freie Kieselerde beseitigt wird) entfernt worden sind, findet man in den meisten Fällen, dass die reine plastische Masse auf 1 Aeq. Kieselsäure, 1 Aeq. Thonerde und 2 Aeq. Wasser enthält *). Die Menge der freien Kieselsäure schwankt zwischen 1 bis 14 pCt.

Allgemeines über Thonarten.

Die Verwitterung des Feldspathes lässt sich durch folgendes Schema verdeutlichen:

1 Aeq. Feldspath, $KO, Si O_3 + Al_2 O_3, 3 Si O_3$

giebt unter Mitwirkung von Wasser ($n HO$)

1 Aeq. Porcellanerde $Al_2 O_3, Si O_3 + 2 HO$

und 1 Aeq. saures kieselsaures Kali $KO, 3 Si O_3$,

welches letztere sich zum Theil in der Weise zersetzt, dass Kieselerde ausgeschieden wird und eine lösliche Verbindung (von der Zusammensetzung des Wasserglases $3 KO, 8 Si O_3$) zurückbleibt.

Bekannte Fundorte, auf welchen die Porcellanerde bauwürdig angetroffen wird, sind

1) im Königreiche Bayern, Stollberg, Diendorf, Oberedsdorf und einige andere Ortschaften im Landgericht Wegscheid, Kreis Niederbayern; ausserdem bei einigen Orten Oberfrankens (Schwefelgosse, Brand, Niederlamitz, Göpfersgrün) und der Oberpfalz (Beratzhausen und Ehefeld bei Amberg). Die im Landgericht Wegscheid sich findende und durch Verwitterung von Gneus (von Porcellanspath nach Fuchs) entstandene wird gewöhnlich Passauer Porcellanerde genannt. Material der Porcellanfabrik zu Nymphenburg.

2) im Königreiche Preussen, Morl und Trotha bei Halle. Zersetzter Porphyr. Material der Berliner Porcellanfabrik.

3) im Königreiche Sachsen, Aue bei Schneeberg (gegenwärtig erschöpft) und Seilitz bei Meissen. Erstere ist durch Verwitterung von Granit, letztere aus Porphyr entstanden. Die Seilitzer Erde wird auf der Meissner Porcellanfabrik verarbeitet.

4) in der österreichischen Monarchie, Brenditz in Mähren, Zetlitz bei Karlsbad in Böhmen, Prinzdorf in Ungarn.

*) Fresenius fand bei einer Untersuchung der Thone des Herzogthums Nassau den thonigen Theil nach der Formel $Al_2 O_3, 2 Si O_3 + 2 HO$ zusammengesetzt. (Journ. f. prakt. Chem. LVII. p. 80.)

5) in Frankreich, St. Yrieux bei Limoges. Zerstörtes Gneusgebirge.

6) in England, St. Austle in Cornwall. Verwitterter Granit. Der cornish stone, der in den Thondistricten Englands eine grosse Rolle spielt, ist verwitterter Pegmatit, eine aus Orthoklas und Quarz gemengte Felsart. Er findet sich zu Tregoning-Hill bei Helstone und zeichnet sich durch einen Gehalt an kieselsaurem Kali aus, weshalb er auch zur Glasur verwendet werden kann.

7) in China.

Es liegt in der Natur der Sache, dass je nach der Natur des Muttergesteins, durch dessen Verwitterung der Thon entstanden ist, der Thon mit fremden Substanzen verunreinigt sein muss. Von der Qualität und Quantität dieser fremden Körper, so wie von dem sehr verschiedenen Verhältnisse zwischen den Hauptbestandtheilen eines jeden Thones — Kieselsäure und Thonerde — rühren die grossen Verschiedenheiten in den Eigenschaften des Thones her. Die in den geringeren Thonarten sich findenden Verunreinigungen sind: Sand (theils in Form von wirklichen Quarzsandstein, als in Kali lösliche Kieselsäure, theils auch Trümmer unzersetzter Mineralien), kohlensaurer Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Schwefelkies und organische Ueberreste. Der im jüngeren Gebirge und besonders im aufgeschwämmten Lande vorkommende Thon ist weit häufiger als die Porcellanerde.

Technisch wichtige Eigenschaften des Thones.

Für die technische Verarbeitung des Thones wichtige Eigenschaften sind F a r b e, P l a s t i c i t ä t und S c h m e l z b a r k e i t. Im Naturzustande ist die Farbe des Thones eine weisse, gelbliche, bläuliche oder graugrüne. Reiner Thon ist weiss; die Farben rühren daher von Beimengungen her. Weisser Thon enthält zuweilen geringe Mengen von Eisenoxydul oder Eisenoxyd und wird nach dem Brennen gelblich oder röthlich, farbiger dagegen, dessen Färbung von der Gegenwart organischer Substanzen herrührt, brennt sich häufig durch Verflüchtigung der Verunreinigungen weiss. Die übrigen gefärbten Thone verändern beim Brennen ihre Farbe und werden röthlich oder röthlichgelb. Feinere Thonarbeiten können nur aus sich weiss brennendem Thone dargestellt werden.

Farbe.

Plasticität.

Der Thon saugt begierig Wasser ein und bildet damit eine zähe Masse, die knet- und formbar (bildsam oder plastisch) und zur Annahme feiner Eindrücke geeignet ist. Es ist klar, dass die Bildsamkeit eines Thones von der Menge des vorhandenen plastischen Thones abhängig ist und dass dieselbe abnehmen muss, wenn der Thon einen nicht bildsamen Gemengtheil enthält. Die Plasticität eines Thones wird am meisten beeinträchtigt durch Sand, weniger durch Kalk, am wenigsten durch Eisenoxyd. Thone, die im hohen Grade bildsam sind, nennt man f e t t und l a n g (weil sie im angemachten Zustande sich schlüpfrig anfühlen und sich ziehen lassen, ohne sofort abzureissen); den Gegensatz

bilden die mageren und kurzen Thone, die sich rauh anfühlen, leicht abreissen und nur wenig Bildsamkeit besitzen.

Schmelzbarkeit. Alle Thonarten schwinden, d. h. sie nehmen sowohl beim Trocknen, als auch beim Brennen ein geringeres Volumen ein, woher es geschieht, dass die Form der Gegenstände entweder sich verzieht oder der Thon reisst. Ein und derselbe Thon schwindet um so mehr, je feuchter er gewesen und je länger die Einwirkung der Hitze gewährt hat. Die fetten Thone schwinden mehr als die mageren. Die Verkleinerung der Oberfläche durch das Schwinden variirt von 14 bis zu 31 pCt., die der Capacität (des Inhaltes) von 20 bis 43 pCt. Durch das Brennen nimmt die Dichte und die Härte eines Thones oft bis zu dem Grade zu, dass er am Stahl Funken giebt. Seine Eigenschaft, mit Wasser eine plastische Masse zu bilden, hat er gänzlich verloren. Reiner Thon (kieselsaure Thonerde) ist für sich nicht schmelzbar (feuerfest), durch Beimengungen wie Kalk, Eisenoxyd und andere Basen (mit Ausnahme von Magnesia, welche den Thon besonders fett, aber nicht schmelzbar macht) wird aber der Thon mehr oder weniger leicht schmelzbar. Schmelzbarer Thon kann begreiflicher Weise nicht zur Fabrikation solcher Thonwaaren benutzt werden, welche sehr hart sein müssen wie das Porcellan oder wie feuerfeste Steine und Schmelztiegel beim Gebrauch einer hohen Temperatur ausgesetzt werden. Einige schwer schmelzbare und feuerfeste Thonarten sintern bei der höchsten Brennhitze zusammen, wodurch die Masse geflossen (aufgelöst) erscheint und nicht mehr an der Zunge haftet. Bei der Fabrikation gewisser Thonwaaren ruft man die Neigung des Zusammensinterns durch geeigneten Zusatz eines Flussmittels hervor oder befördert sie hierdurch.

Eintheilung der Thonarten. Brongniart (Traité des Arts céramiques) theilt die Thonarten ein in

1) feuerfeste (Porcellanerde, plastischer Thon),
2) schmelzbare (gemeiner Töpferthon, Walkererde),
3) kalkige oder aufbrausende (Mergel, Lehm),
4) ockerige Thone (Röthel, Bolus, Ocker).

Neben der oben angeführten Porcellanerde (Kaolin) ist der plastische Thon (Pfeifenthon, Kapselthon, Porcellanthon) die wichtigste feuerfeste Thonart; er ist verschieden gefärbt, sehr zähe, im hohen Grade plastisch, brennt sich weiss und ist im Porcellanofenfeuer nicht schmelzbar. Gewöhnlich kommt er in tertiären Ablagerungen vor, bald ist er von anderen Thonarten, bald von Quarzsandmassen, zuweilen von Braunkohlenlagern begleitet. Die Lager am Rhein (Coblenz, Cöln), Amberg, Kemnath, und Mitterteich in Bayern, Grossalmerode in Kurhessen, in der Gegend von Namür in Belgien, bei Dreux in Frankreich, Devonshire und Stourbridge in England sind die bekanntesten.

Thon von Almerode und von Stourbridge enthält:

| | Almerode. | Stourbridge. |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 46,5 | 69,993 |
| Thonerde . . . | 34,9 | 19,050 |
| Eisenoxyd . . . | 3,0 | 2,702 |
| Wasser . . . | 15,2 | 6,800 |
| | 99,6 | 98,545 |

Der gemeine Töpferthon besitzt die meisten äusseren Eigenschaften des plastischen Thones; viele Arten desselben fühlen sich weich an und bilden mit Wasser eine ziemlich zähe Masse, allein sie sind zerreiblicher und zertheilen sich weit leichter im Wasser. Häufig ist der Töpferthon stark gefärbt und behält seine Farbe auch nach dem Brennen bei. Meist braust er schon mit Salzsäure etwas auf und macht dann den Uebergang zu dem Mergel. In Folge eines Gehaltes an Kalk und Eisenoxyd ist er schmelzbar und schmilzt je nach der Quantität dieser Beimengungen bei höherer oder niedrigerer Temperatur zu einer dunkelgefärbten, schlackenähnlichen Masse. Er findet sich vorzüglich in den jüngsten Gebilden der Erdrinde, oft ganz an der Oberfläche, zuweilen indessen auch in mächtigen Ablagerungen in einigen tertiären und Flötzformationen. Zuweilen liegen in ihm fremde Körper, wie organische Reste, Eisenkies und Strahlkies, Gyps, Nieren von thonigem Sphärosiderit.

Die Walkerde ist eine weiche zerreibliche Masse und rührt von der Verwitterung von Diorit und Dioritschiefer her. In Wasser zerfällt sie zu einem zarten Pulver und bildet einen nicht plastischen Brei. Auf ihrer Eigenschaft, sich in Wasser fein und schnell zu zertheilen und in diesem Zustande Fett zu absorbiren, beruht ihre Anwendung zum Fleckausmachen, zum Walken des Tuches etc.

Der Mergel ist ein mechanisches Gemenge von Thon und kohlensaurem Kalk, welches mitunter auch Sand (Sandmergel) und andere zufällige Beimengungen enthält. Derjenige, der überwiegenden Kalk enthält, heisst Kalkmergel, der mit vorwaltendem Thongehalt, Thonmergel. In Wasser zerfällt er zu Pulver und bildet eine teigige, nicht zusammenhängende Masse. Mit Säuren braust er stark auf, wobei sich oft mehr als die Hälfte seines Gewichtes löst. Er schmilzt leicht. Der Mergel ist besonders dem jüngeren Flötzgebirge eigen und findet sich in den Gebilden des bunten Sandsteins und Keupers, auch in der Lias- und Kreideformation. Einige Varietäten des Mergels werden zu Töpferwaaren benutzt, die nicht stark gebrannt werden. Seine Hauptanwendung findet der Mergel in der Landwirthschaft als Düngemittel.

Der Lehm (Leimen, Löss, Ziegelthon) macht den Uebergang vom Thon zum Sande. Er ist ein mit Quarzsand und mehr oder weniger Eisenocker, zuweilen auch mit Kalk gemengter Thon von gelber oder

bräunlicher Farbe, die nach dem Brennen in Roth übergeht. Er bildet mit Wasser eine wenig plastische Masse und ist nicht sehr feuerbeständig. Man benutzt ihn zur Fabrikation von Ziegeln. Der Lehm ist die verbreitetste Formation des Thons und indem er besonders in den jüngsten Ablagerungen der Erdrinde nahe an der Oberfläche vorkommt, von grossem Einfluss auf den lockeren Boden. Dem Lehm ähnlich ist der Letten, der in vielen tertiären und Flötzformationen sich findet.

Die in Deutschland seltener in der Thonwaarenfabrikation Anwendung findenden Gemenge von Thon und Eisenocker oder Eisenoxydhydrat wie Röthel, Bolus und Ocker können übergangen werden.

Die Resultate der Analyse einiger wichtigen Kaoline sind:

| Fundort: | Aue. | Passau. | Morl. | Yrieux. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 47,64 | 43,65 | 46,80 | 46,8 |
| Thonerde . . . . | 35,97 | 35,93 | 36,83 | 37,3 |
| Kohlensaurer Kalk . | 1,57 | 0,88 | 0,55 | — |
| Eisenoxyd . . . . | — | 1,00 | 3,11 | — |
| Kali . . . . . | — | — | 0,27 | 2,5 |
| Wasser. . . . . | 13,18 | 18,50 | 12,44 | 13,0 |
| | 98,36 | 99,96 | 100,00 | 99,6 |

Verarbeitung des Thones zu Thonwaaren.

Die Anwendung der Thonarten zur Anfertigung der Thonwaaren beruht darauf, dass man zu denselben so viel Kali, Kalk oder Substanzen, welche diese Körper enthalten, wie Feldspath und Gyps, hinzugefügt, um die Strengflüssigkeit des Thones zu vermindern, aus dieser Mischung mit Wasser einen Teig darstellt, daraus Gefässe u. s. w. dreht, formt oder modellirt, dieselben lufttrocken macht und dann in einem Ofen nach Umständen bis zum Zusammensintern oder bis zur theilweisen Schmelzung glüht. Die gebrannte Waare bleibt entweder rauh oder sie wird mit einer leichtflüssigen, glasartigen Masse, mit Glasur, überzogen.

Eintheilung der Thonwaaren.

Nach der innern Beschaffenheit der gebrannten Masse (des Scherbens), lassen sich die Thonwaaren am naturgemässesten eintheilen in dichte und poröse Thonwaaren. Die dichten sind so stark erhitzt worden, dass ihre Masse halbverglast (aufgelöst, geflossen) erscheint; sie sind im Bruche glasartig, durchscheinend, undurchdringlich für Wasser und geben am Stahle Funken. Die poröse Thonwaare ist in der Masse nicht verglast und daher locker; ihr Bruch ist erdig, ihre Masse zerreiblich, lässt in nicht glasirtem Zustande Wasser durch und klebt an der Zunge. Die gebrannte Masse, mag sie dicht oder porös sein, bleibt entweder rauh, in welchem Falle die Thonwaare einfach heisst, oder sie ist mit einer glasartigen Masse, mit Glasur, überzogen und heisst dann zusammengesetzt.

Die Thonwaaren lassen sich in folgender übersichtlicher Weise eintheilen:

I. Dichte Thonwaaren.

A. Aechtes oder hartes Porcellan. Masse gleichsam geflossen, nicht mit dem Messer ritzbar, feinkörnig, durchscheinend, weiss, gleichartig und strengflüssig. Bruch mässig muschlig und feinkörnig. Spec. Gewicht 2,07 — 2,49. Die Masse besteht aus Kaolin und einem zu Glas schmelzenden unbildsamen Zusatze, dem sogenannten Flusse, meist Feldspath mit oder ohne Zufügung von Gyps, Kreide und Quarz; die Glasur ist wesentlich dem zur Masse gesetzten Flusse gleich und besteht ebenfalls aus Feldspath, zuweilen mit etwas Gyps, aber nie mit Blei- oder Zinnoxyd. Es ist für die Fabrikation des ächten Porcellans charakteristisch, dass das Garbrennen der Masse, wobei diese durchscheinend und dicht wird, mit dem Aufbrennen der Glasur in einer Operation geschieht.

B. Weiches Porcellan oder Frittenporcellan. Masse leichtflüssiger als das ächte oder harte Porcellan; man unterscheidet:

α) französisches oder eigentliches Frittenporcellan, eine glasähnliche Masse (unvollständig geschmolzenes Alkali-Erde-Silicat) ohne Zusatz von Thon dargestellt (daher mit Unrecht zu den Thonwaaren gerechnet), mit bleihaltiger, dem Krystallglas ähnlicher Glasur;

β) englisches weiches Porcellan, die Masse zusammengesetzt aus Kaolin, plastischem, sich weiss brennenden Thone, Feuerstein und als Flussmittel Cornish stone (verwitterter Pegmatit), Gyps oder Knochenasche (wesentlich phosphorsaurer Kalk) in sehr verschiedenen Verhältnissen. Die Glasur besteht aus Cornish stone, Kreide, Feuersteinpulver, Borax, meistens mit, seltener ohne Zusatz von Bleioxyd. Da die Glasur weit leichtflüssiger ist als die Masse, so muss letztere in dem ersteren längeren Feuer bereits fast gargebrannt sein, ehe in einem zweiten, mässigeren und kürzeren Feuer die Glasur aufgebrannt wird. Die Verschiedenheit der Glasur von dem Fluss der Masse bewirkt eine geringere Haltbarkeit der ersteren und häufige Rissigkeit derselben.

C. Statuenporcellan oder Biscuit und zwar:

α) ächtes und unglasirtes Porcellan,

β) parisches Porcellan oder Parian. Unglasirtes Statuenporcellan von einer dem englischen Porcellan ähnlichen, aber strengflüssigeren Masse,

γ) Carrara, zwischen Parian und Steinzeugmasse in der Mitte stehend, weniger durchscheinend als Parian und von etwas weisserer Farbe.

D. Steinzeug. Masse dicht, klingend, feinkörnig, homogen, nur an den Kanten oder kaum durchscheinend, weiss oder gefärbt. Das feine weisse Steinzeug ist nur durch die mangelnde Durchscheinenheit äusserlich von dem Porcellan unterschieden.

α) Glasirtes porcellanartiges Steinzeug. Die Masse besteht aus plastischem, sich weiss brennendem, weniger feuerbeständigem Thon mit Zusatz von Kaolin und Feuerstein; als Flussmittel ein feldspathiges Mineral; die Glasur enthält Borax und Bleioxyd und ist durchsichtig;

β) weisses oder gefärbtes unglasirtes Steinzeug (hierher gehört das Wedgwood). Aehnlich der vorigen Masse;

γ) gemeines Steinzeug mit Salzglasur. Der halbgeflossene Zustand der Masse ist nicht durch Zusatz von Flussmittel hervorgerufen, sondern nur durch stärkere Einwirkung des Feuers auf die nicht vollständig feuerfeste Thonmasse. Die Masse besteht aus plastischem Thon (Pfeifenthon) entweder für sich oder mit einem Gemengtheile, der sich im Feuer wenig oder nicht zusammenzieht und die Schwindung des Thons vermindert, z. B. feinem Sande oder Scherben von gebranntem Steinzeug. Glasur ein Anflug von kieselsaurem Thonerde-Natron.

II. Poröse Thonwaaren.

A. Feine Fayence mit durchsichtiger Glasur. Masse erdig, an der Zunge hängend, undurchsichtig, etwas klingend, mit durchsichtiger, bleiischer, auch Borax, Feldspath u. s. w. enthaltender Glasur.

B. Fayence mit undurchsichtiger Glasur (auch zuweilen Steingut genannt). Masse aus sich gelblich brennendem Töpferthon oder Thonmergel bestehend, mit undurchsichtiger weisser oder gefärbter zinnhaltiger Glasur (Email). Hierher gehört die Majolika.

C. Ordinäre Töpferwaare. Masse gewöhnlicher Töpferthon oder Thonmergel und stets röthlich gefärbt, weich und porös. Meist bleiische und immer undurchsichtige Glasur. Je nach der Farbe der Glasur weisse oder braune Töpferwaare. Erstere bildet das gewöhnliche Küchengeschirr, letztere das bunzlauer oder waldenburger Geschirr.

D. Terracotta, Ziegel, Backsteine, feuerfeste Steine, Tiegel, Röhren, Bauornamente u. s. w. Masse erdig; meist mehr oder weniger ungleichartig; immer gefärbt (brennt sich nicht weiss), porös, leichtflüssig, wenig klingend und undurchsichtig. Glasur findet nur ausnahmsweise Anwendung.

Mahlen und Mischen der Materialien.

Die Materialien der Porcellanfabrikation finden sich in der Natur nicht in einem solchen Zustande, in welchem sie ohne weitere Vorbereitung zur Herstellung der Masse verwendet werden könnten. Die Porcellanerde, Feldspath und Quarz müssen vorher in unfühlbaren Staub verwandelt werden. Nach dem Zerkleinern wird das Ganze gesiebt. Die fernere Trennung der fremdartigen Bestandtheile geschieht durch das Schlämmen, welches sich auf die Eigenschaft des plastischen Theiles der Porcellanerde gründet, mit Wasser ein milchähnliches Liquidum zu bilden, welches das Kaolin suspendirt enthält. Je nach dem Grade der Feinheit setzen sich diese Theilchen früher oder später ab, während die gröberen Beimengungen sogleich sich absetzen, andere Unreinigkeiten organischer Natur dagegen auf der Oberfläche schwimmend bleiben.

Aus diesen geschlämmten Materialien wird nun die Porcellanmasse zusammengesetzt. Reines Kaolin, obgleich von grosser Plasticität, kann für sich allein zur Herstellung des Porcellans keine Anwendung finden, da daraus hergestellte Gegenstände beim Trocknen stark schwinden und Risse bekommen und im Feuer erweichen und sich setzen. Diese Uebelstände fallen hinweg, wenn man das Kaolin mit feingeschlämmtem Quarzsand vermischt; dieser Zusatz vermindert jedoch die Plasticität und erschwert das Formen der Masse. Ferner erhärtet eine nur aus Kaolin und Sand bestehende Masse im Feuer zu einer wohl festen, aber auch porösen Masse, die sich nur schwierig mit einer Glasur überziehen lässt. Giebt man aber dem Gemisch noch einen Zusatz von Feldspath, so bildet derselbe im Porcellanofen ein Glas, welches die poröse Masse durchzieht und sie nicht nur undurchdringlich für Flüssigkeiten macht, sondern auch Adhäsion der Glasur zur Masse vermittelt.

Zusammensetzung der Porcellanmasse nach den Materialien:

| Nymphenburg. | | Wien. | | Meissen. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kaolin von Passau | 65 | Kaolin von Zedlitz | 34 | Kaolin von Aue | 18 |
| Sand daraus | 4 | Kaolin von Passau | 25 | Kaolin von Sosa | 18 |
| Quarz | 21 | Kaolin von Unghvar | 6 | Kaolin von Seilitz | 36 |
| Gyps | 5 | Quarz | 14 | Feldspath | 26 |
| Biscuitscherben | 5 | Feldspath | 6 | Scherben | 2 |
| | | Scherben | 3 | | |

Das Mischen der abgemessenen Substanzen im breiigen Zustande erfolgt in grossen Bottichen durch Umrühren, dies geschieht am innigsten und zweckmässigsten, indem man die Schlempe durch eine Pumpe aus dem einen Bottich pumpt und durch ein Sieb in einen zweiten Bottich laufen lässt, aus welchem sie eine zweite Pumpe wieder in den ersten Bottich zurück befördert.

Trocknen der Masse.

Nachdem aus den Setzbottichen das Wasser abgelassen worden ist und die Masse sich als Schlamm (barbotine), abgeschieden hat, muss sie durch Trocknen auf die gehörige Consistenz gebracht werden.

Durch Verdunstung.

Das Abtrocknen (das Massekochen) durch Verdunstung kann geschehen, indem man die Masse in weiten hölzernen Kasten einem starken Luftzuge aussetzt. Dies ist eine sehr gewöhnliche Methode, die Masse zu trocknen, da aber dieselbe nur während des Sommers Anwendung finden kann und wohl selten eine Fabrik den Sommer hindurch so viel zu liefern vermag, dass sie des Trocknens im Winter überhoben wäre, so sucht man das Abtrocknen durch Wärme zu bewerkstelligen. Das

Durch Absorption.

gewöhnlichste Mittel des Trocknens der Masse ist das durch Absorption, wozu man sich als absorbirender Unterlage des gebrannten Lehmes (der Ziegelmasse) oder des Gypses bedient. Das Abtrocknen durch Gyps ist ziemlich kostspielig, weil die absorbirenden Gypswände nach einiger Zeit wieder getrocknet werden müssen und häufig sogar einer Erneuerung bedürfen; ferner geht das Trocknen ziemlich langsam vor sich, weil der Gyps, wenn er eine gewisse Menge Wasser aufgenommen

hat, an der Aussenseite erst wieder Wasser abgeben muss, um auf der Innenseite wieder welches aufnehmen zu können. Das Abtrocknen der

Durch Luftdruck.

Masse kann auch geschehen durch Luftdruck; man bringt zu diesem Zwecke die zu trocknende Masse in einen aus porösen Platten zusammengesetzten Kasten, unter welchem man einen luftverdünnten Raum erzeugt, entweder durch Condensation von Wasserdämpfen oder durch Ausfliessenlassen von Wasser. Auf letzteres Princip gründet sich der Apparat von Talabot.

Durch Pressen.

Neuerdings hat man das Trocknen der Masse durch Gyps häufig durch das von Grouvelle und Honoré eingeführte Verfahren des Trocknens ersetzt. Zu diesem Zwecke bringt man die von dem grössten Theile des Wassers bereits befreite Masse in feste hanfene Säcke und setzt sie in einer Schrauben- oder Hebelpresse einem langsam wirkenden Drucke aus. Die gepresste Masse hat im Allgemeinen grössere Plasticität, als die durch künstliche Wärme entwässerte Masse; die Pressmethode ist aber kostspielig, da die Säcke mürbe werden und bald erneuert werden müssen.

Kneten und Faulen der getrockneten Masse.

Möge man die Masse mit Hülfe von Gyps oder durch Anwendung von Pressen getrocknet haben, in allen Fällen wird sie nicht gleichförmig getrocknet sein; sie enthält ferner stellenweise Lufttheile, die erst ausgetrieben werden müssen. Die Gleichförmigkeit der Masse erreicht man durch Kneten und Faulenlassen der Masse, das Kneten geschieht durch Treten mit den Füssen oder durch Schlagen. Die Plasticität der Porcellanmasse wird wesentlich befördert, wenn man dieselbe an einem feuchten Orte längere Zeit sich selbst überlässt, wo dann eine Art Fäulniss eintritt.

Jauche und Moorwasser sind diejenigen Flüssigkeiten, welche man zur Beförderung der Fäulniss anwendet. Brongniart erklärt den günstigen Einfluss der Fäulniss auf die Masse durch die Annahme, dass sich durch die Fäulniss Gase bilden, welche allen Theilen eine fortwährende Bewegung ertheilen, die einer Mischung der Masse durch Kneten, Schneiden u. s. w. gleichkommt und sie vielleicht in ihrer Wirkung noch übertrifft, weil sie sich auch auf die feinsten Moleküle ausdehnt und so zu sagen keines derselben an seiner Stelle duldet. Die Ursachen, aus welchen durch die Fäulniss und das lange Liegenlassen der Porcellanmasse eine Verbesserung derselben eintritt, sind nicht bekannt, und man hat zur Erklärung des Vorganges bis jetzt nur Hypothesen aufgestellt. Salvétat stellt die folgende Hypothese auf: Bei der Fäulniss der Porcellanmasse treten reichliche Mengen von Schwefelwasserstoffgas auf. Dieses Gas entsteht wahrscheinlich durch Reduction des schwefelsauren Kalkes zu Schwefelcalcium unter Mitwirkung der organischen Substanz und entweicht aus dem Schwefelcalcium, sowie dasselbe mit der Kohlensäure der Luft in Berührung tritt. Die eintretende schwarze Färbung der Masse und ihr Weisswerden an der Luft ist eine Folge der Bildung von schwarzem Schwefeleisen, welches an der Luft sich zu Eisenvitriol oxydirt, der mit den Waschwässern entfernt wird.

Möglicherweisse kann auch durch langes Aufbewahren der Masse unter Wasser die Zersetzung eines Theiles des feldspathhaltigen Elementes veranlasst werden. Die hinreichend abgelagerte und wieder weiss gewordene Masse wird mit einem sichelähnlichen Werkzeuge oder auch mit Hülfe hölzerner Messer in

feine Späne geschnitten, die von den Massearbeitern wieder zusammengeschlagen und zu Ballen geknetet werden.

Das Formen. Die geknetete und der Fäulniss unterworfen gewesene Porcellanmasse gelangt nun in besondere Räume, in welchen dieselbe geformt wird. Das Formen geschieht entweder: a) durch Drehen auf der Töpferscheibe, b) mit Hülfe von Formen.

Das Drehen auf der Töpferscheibe. Die Töpferscheibe besteht in ihrer einfachsten Form aus einer verticalen eisernen Axe, einer oben darauf befestigten horizontalen hölzernen Scheibe, auf welcher die Masse gedreht wird, und einem unten angebrachten Schwungrade. Nachdem der Dreher die zu formende Masse auf die Scheibe gebracht hat, setzt er den Apparat in Bewegung und hält die Hände mit einem gelinden Drucke gegen die Masse. Hält er die Daumen in den Mittelpunkt und drückt abwärts, so entsteht eine Höhlung, welche sich erweitert, wenn er die Daumen entfernt, und eine glockenähnliche Gestalt annimmt, sobald er die Daumen wieder nähert. Fasst der Dreher die Wände des Gefässes zwischen Hand und Daumen, so kann er die Wand beliebig erhöhen und verdünnen. Die Hände werden durch Eintauchen in Schlicker, in Wasser fein zertheilte Porcellanmasse, schlüpfrig erhalten. Die Masse wird entweder direct auf der Holzscheibe oder auf einer Unterlage von Gyps, die mittelst Schlicker auf der Scheibe befestigt ist, gedreht. Bei grossen Stücken wendet man zum Formen die Faust an, bei tieferen Stücken, um gewissermassen die Finger zu verlängern, Stäbchen, die mit Schwamm umwickelt sind. Nachdem die Form des Gefässes der wirklichen so nahe als möglich gekommen, vollendet der Dreher die Form mit Hülfe des Steges, einer Art Lehre aus Eisen, Schiefer oder Horn, deren Form sich nach der Art des herzustellenden Gegenstandes richtet; sie ist bald dreieckig, bald in Curven geschnitten. Hierauf schneidet er das geformte Stück mit Hülfe eines feinen Messingdrahtes von der Scheibe ab und bringt es vorsichtig auf ein Bret, um es hier bis zur ferneren Verarbeitung trocknen zu lassen.

Das Formen mit Gypsformen. Alle Gegenstände von nicht kreisförmigem Querschnitte, demnach ovaler oder complicirter Gestalt, werden in Formen bearbeitet, welche diejenigen Flächen vertieft enthalten, die auf dem herzustellenden Gegenstande erhaben sein sollen und umgekehrt. Das Formen geschieht entweder: a) durch Pressen und mit Anwendung von trockener Masse; b) mit weicher Masse von Teigconsistenz, oder c) durch Giessen mit flüssiger Masse.

Man beginnt mit der Anfertigung des Modells oder der Patrone; die massiven Stücke brauchen nur ein Modell, die hohlen Stücke öfters zwei. Das Material zum Modell ist entweder Thon oder Wachs oder Gyps, oder endlich Metall. Nur wenige Substanzen sind geeignet, als Material für die Masseformen verwendet zu werden. Die zu formende Porcellanmasse muss hinlänglich geschmeidig sein, um sich in

alle Vertiefungen der Form drücken zu lassen, auf der andern Seite muss sie beim Entfernen aus der Form Steifigkeit genug haben, um sich nicht mehr zu verbiegen. Die Masse muss demnach in der Form consistenter geworden sein. Daraus folgt, dass zur Herstellung einer Form nur ein poröses Material, welches Feuchtigkeit zu absorbiren vermag, Anwendung finden kann. Nur der Gyps und der gebrannte Thon besitzen Porosität in hinlänglichem Grade. Gewöhnlich wendet man Formen von Gyps an.

Man unterscheidet Ballenformerei und Schwartenformerei. Nach der ersten Art wird die Porcellanmasse in Stücken von der geeigneten Grösse, die von dem Ballen abgeschnitten werden, entweder mit den Fingern oder mit einem besonders zugerichteten Holze so in die Form eingepresst, dass das Stück eine gleichmässige Scherbenstärke erhält. Zwischen die Finger und die Porcellanmasse muss ein feuchtes leinenes Läppchen gelegt werden. Man legt dann, wenn die Form aus zwei Hälften besteht, die beiden Hälften auf einander und vereinigt durch Druck die beiden geformten Hälften. Teller, Tassen und ähnliche Hohlgefässe formt man mit Hülfe von Schwarten, worunter man flache, dünne Blätter von Porcellanmasse versteht, welche man entweder durch Schlagen mit einem hölzernen, mit Schafleder überzogenen Hammer oder durch Auswalzen erzeugt. Am zweckmässigsten combinirt man beide Methoden, indem man einen kleinen Masseballen erst durch Schlagen abplattet und dann mit einem Wellholz ausrollt, wobei zwei Lineale, welche zu beiden Seiten der Schwarte zu liegen kommen, das Mass für die Stärke der Schwarte geben. Neuerdings fertigt man die Schwarten häufig mit Hülfe von Maschinen.

Formen durch Giessen.

Das Formen von Porcellangegenständen durch Giessen aus dickem Massebrei beruht gleichfalls auf der Eigenschaft der Gypsformen, Wasser zu absorbiren und auf diese Weise die Porcellanmasse consistenter zu machen. Die zum Giessen bestimmte Porcellanmasse wird mit Wasser zu einer dicken Schlempe angerührt, welche keine Luftblasen, keine Knoten und Massetheilchen enthalten darf. Sie wird in ein Reservoir gebracht, von wo aus sie in die Formen gegossen werden kann, welche auf der inwendigen Fläche mit Hülfe eines Pinsels mit einer dünnen Schicht von Masse überzogen wurden. Man füllt nun die Form mit dem Massebrei an, wobei dafür zu sorgen ist, dass die Luft aus der Form entweichen kann. Nachdem nun durch Absorption von Wasser eine dünne Masseschicht entstanden ist, giesst man die flüssige Masse ab und füllt neue Masse nach, was so oft wiederholt wird, bis die gewünschte Wanddicke erreicht ist. Nach vorstehender Methode stellt man Porcellanröhren und Porcellanretorten dar.

Das Nachbessern und Ansetzen.

Hierbei ist es häufig der Fall, dass die Schablone nicht beweglich, sondern befestigt ist, wodurch der zu formende Gegenstand einen weniger ungleichmässigen Druck erfährt.

Es kommt selten vor, dass der geformte Gegenstand ohne weiteres

getrocknet und gebrannt werden könne; in den meisten Fällen ist noch ein Abdrehen, Ausbessern, Verzieren durch Guillochiren und endlich ein Ansetzen von besonders geformten Theilen, z. B. Henkeln, nothwendig.

Fertigen von Porcellangegenständen ohne Formen.

Gewisse Porcellanarbeiten werden aus freier Hand gefertigt, so die Sculpturarbeiten und die Anfertigung von Blumen, von welchen letzteren man die Blätter, Stengel, Kelche und Blumenkronen so wie alle übrigen Theile mit Hülfe des Bossirgriffels bildet. Feine Blätter werden indessen auch häufig in grosser Anzahl auf einmal in Gypsformen gepresst. Die Unmöglichkeit, freischwebende Theile wie Halme, Blumenstengel in Porcellanmasse auszuführen, welche sich beim Trocknen und Brennen verziehen oder umsinken würden, beschränkt einigermassen die Auswahl unter den Blumen; man formt daher die Blumen meist ohne Stengel und macht diesen dann aus Draht. Die Blätter werden in der innern Handfläche geformt, deren Furchen die Aderung des Blattes ziemlich täuschend nachbilden.

Eine andere Arbeit aus freier Hand ist die Verzierung von Figuren mit Spitzen, Stickereien u. s. w., welche man mit Hülfe von Tüll und gehäkeltem Zeug darstellt; man benetzt es mit Wasser, taucht es in Schlicker, legt es an die betreffende Stelle des Porcellangegenstandes auf und lässt es trocknen. Während des Brennens wird die organische Substanz, aus welcher der Tüll oder das Zeug besteht, zerstört und es bleibt das Porcellangewebe allein zurück. Aehnliche Verzierungen werden auch erhalten, indem ein Arbeiter mit einem zugespitzten Holze von der Gestalt eines Bleistiftes dicklich gehaltene Porcellanschlempe tupfweise an die passende Stelle bringt.

Trocknen der Porcellanwaaren.

Nachdem die Porcellanwaaren geformt und durch das Abdrehen u. s. w. vollendet worden sind, werden sie an den Trockenort gebracht, wo das Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur im Schatten vor sich geht. Da die Moleküle der Masse in dem Grade einander näher gerückt werden, als daraus die Feuchtigkeit verschwindet, so findet ein Schwinden, d. h. ein Abnehmen des Volumen statt, welches indessen die Proportionen unangetastet lässt, wenn das Trocknen gleichmässig vor sich geht. Die zu trocknenden Waaren bleiben auf Brettergestellen so lange sich selbst überlassen, bis sie keine Feuchtigkeit mehr verlieren.

Glasur und Glasiren.

Nur eine geringe Anzahl von Porcellangegenständen und dann meist nur Statuen und Figuren, kommt unglasirt, als sogenanntes Biscuit, in den Handel. Die meisten Porcellangegenstände sind mit einem glänzenden glasähnlichen Ueberzuge, mit der Glasur überzogen.

Alle Glasuren, welche in der Fabrikation von irdenen Waaren Anwendung finden, lassen sich unter folgende vier Abtheilungen bringen:

1) Erdglasuren sind durchsichtige Gläser aus Kieselerde, Thonerde und Alkalien geschmolzen; sie sind höchst strengflüssig und schmelzen in der Regel bei derselben Temperatur, bei welcher die Masse ihre Gare erlangt. Die Glasur des harten Porcellans ist eine solche Erdglasur.

2) Bleihaltige Glasuren sind bleihaltige durchsichtige Gläser, welche auch zuweilen neben der Kieselsäure Borsäure enthalten; meist schmelzen sie bei einer Temperatur, welche niedriger ist, als diejenige, bei welcher die Masse sich gar brennt. Das gewöhnliche Töpferzeug und die feine Fayence erhalten eine bleihaltige Glasur.

3) Emailglasuren sind theils weisse, theils gefärbte undurchsichtige

Glasuren, meist Zinnoxyd neben Bleioxyd enthaltend; sie schmelzen leicht und dienen zum Maskiren der unangenehmen Farbe der darunter liegenden Masse.

4) Lüster sind meist Erd- und Alkaliglasuren, die die Masse als äusserst dünne Schicht, gleichsam als Hauch überziehen und nicht nur die darunter liegende Masse schützen und undurchdringlich machen sollen (wie die Glasur des gewöhnlichen Steinzeuges, mit Hülfe von Kochsalz und Wasserdämpfen hervorgebracht), sondern auch häufig (wenn sie Metalloxyde enthalten) nebenbei den irdenen Gegenstand zu decoriren bestimmt sind (Goldlüster, Kupfer- und Bleilüster).

Gegenwärtig handelt es sich nur um die Porcellanglasur. Man verlangt von ihr, dass sie bei der Temperatur, bei welcher die Porcellanmasse nur verglaset, schon schmilzt, dass sie ungefärbt und undurchsichtig sei; Die Glasur muss ferner glatt und glasglänzend sein, sich von der Masse nicht lostrennen und nicht Risse bekommen, demnach fast genau denselben Ausdehnungscoefficienten besitzen wie die Masse selbst; sie muss endlich hart und widerstandsfähig gegen Schnitt, Druck und Reibung sein.

Die Glasur ist eine Porcellanmasse mit reichlichem Zusatz von Flussmitteln, so dass die Masse in dem Porcellanofen zum Schmelzen kommt

In Meissen besteht die Glasur aus

| | |
|---|---|
| Quarz | 37 |
| Kaolin von Seilitz | 37 |
| Kalk von Pirna | 17,5 |
| Porcellanscherben | 8,5 |
| | 100,0 |

In der Berliner Porcellanfabrik setzt man die Glasur zusammen aus

| | |
|---|---|
| Kaolin von Morl | 31 |
| Quarzsand | 43 |
| Gyps | 14 |
| Porcellanscherben | 12 |
| | 100 |

Auftragen der Glasur.

Das Auftragen der Glasur kann, wenn wir das Glasiren im Allgemeinen betrachten, auf viererlei Weise geschehen, nämlich 1) durch Eintauchen, 2) durch Bestäuben, 3) durch Begiessen, 4) durch Verflüchtigen. Man trägt entweder die Glasur in Substanz mit allen Ingredienzien auf (durch Eintauchen und Begiessen), oder man führt der Masse gewisse Bestandtheile direct (durch Bestäuben) oder durch Verflüchtigen zu, welche mit der Masse zu Glasur zusammentreten.

Durch Eintauchen.

Das Glasiren durch Eintauchen ist die zum Glasiren des Porcellans, der feinen Fayence und zuweilen des Töpferzeuges angewendete Methode; sie erfordert denjenigen Grad von Porosität der Masse, um Flüssigkeiten begierig zu absorbiren; zugleich muss die Masse so viel Zusammenhang besitzen, dass sie vom Wasser nicht mehr aufgeweicht wird. Um daher die geformten und getrockneten Porcellangegenstände in den Zustand zu versetzen, im welchem sie mit Wasser zusammengebracht, nicht mehr ihre Form verlieren, müssen sie vorher gebrannt werden. Das ächte Porcellan wird deshalb vor dem

Glasiren einem schwachen Brand, dem Verglühen unterworfen. Die mit Wasser gemahlene Glasur wird mit Wasser zu einem dünnflüssigen Teig wiederum ungefähr von der Consistenz der Kalkmilch angerührt. Taucht man nun ein verglühtes Geschirr in die Glasurbrühe, so wird ein Theil des Wassers von der porösen Masse rasch absorbirt und das in dem Wasser suspendirt gewesene Glasurmehl wird ähnlich einem Niederschlag auf einem Filter, auf der Oberfläche des Porcellans zurückbleiben, adhäriren und sich daselbst als eine gleichmässige Schicht verdichten.

Glasiren mittelst Bestäuben. Das Glasiren mittelst Bestäuben ist die einfachste und billigste Glasirmethode und findet nur bei gröberen Waaren Anwendung, die zu einem so niederen Preise verkauft werden, dass ein Verglühen der Masse, um ihr die Eigenschaft, im Wasser sich zu zertheilen, zu benehmen, als zu kostspielig nicht möglich ist. Man beutelt über die frischgeformten noch feuchten Waaren Bleiglätte oder Mennige, zuweilen nur Bleiglanzpulver (Glasurerz); es bleibt alsdann eine Schicht davon auf der feuchten Oberfläche haften. Diese Pulver liefern das Bleioxyd, die Masse die Kieselerde und die Thonerde, welche zur Bildung der Glasur erforderlich ist. In neuerer Zeit hat man zum Bestäuben ein fein gepulvertes Gemenge von Zinkblende und calcinirtem Glaubersalz vorgeschlagen.

Durch Begiessen. Das Glasiren durch Begiessen findet bei Geschirren Anwendung, welche keine Porosität und demnach kein Absorptionsvermögen mehr besitzen. Derartige Geschirre sind das Frittenporcellan und das englische Porcellan. Das Glasiren durch Begiessen kommt aber auch vor bei dem gewöhnlichen Töpferzeug und bei einigen Arten von Fayence. Man giebt der Glasurbrühe Rahmconsistenz und giesst davon in oder auf die zu glasirenden Waaren, indem man sie durch eigenthümliches Bewegen und durch Schwenken überall auszubreiten sucht. Durch dieses Glasirverfahren hat man die Möglichkeit, das Innere eines Gefässes mit einer andern Glasur als die äussere Fläche zu versehen. So sind z. B. viele Fayencen inwendig weiss und auswendig braun glasirt.

Durch Verflüchtigen. Das Glasiren durch Verflüchtigung wird auf die Weise ausgeführt, dass man gegen das Ende des Brandes in dem Ofen einen salzigen oder metallischen Dampf bildet, der sich mit der Kieselerde der Masse zu einem wirklichen Glase verbindet. Die nach der Verflüchtigungsmethode glasirten Gegenstände sind so zu sagen nur auf der Oberfläche polirt, alle Formen bleiben demnach gänzlich unverändert. Man verfährt hierbei auf zweierlei Weise: nach der gewöhnlichen Art, die nur bei solchen Waaren Anwendung finden kann, welche ohne Kapseln und offen gebrannt werden, wirft man Kochsalz in den Ofen und bringt auf die Feuerungen grünes Holz, welches zur Bildung von wasserreichem Rauch Veranlassung giebt. Da das Kochsalz schon in der Rothglühhitze Dampfgestalt annimmt, so ist das Innere des Ofens mit den Dämpfen desselben angefüllt, welche mit den Wasserdämpfen zu Salzsäure und Natron sich umsetzen. Letzteres schlägt sich auf die Masse nieder und bildet mit der kieselsauren Thonerde derselben ein Glas, das den Gegenstand überzieht. Die Glasur bildet sich eben so vollständig im Innern der Gefässe, als an der äusseren Oberfläche.

Bei feinem Steinzeug, das in Kapseln eingesetzt gebrannt wird, verfährt man behufs des Glasirens durch Verflüchtigen auf die Weise, dass man die innere Fläche der Kapseln mit den Substanzen überzieht, durch deren Verflüchtigung eine Glasur auf den eingesetzten Gefässen sich bilden soll. Eine sehr gebräuchliche Mischung zum Glasiren der inneren Kapselfläche besteht aus Potasche, Bleiglätte und Kochsalz. Während des Brennens verflüchtigt sich

einerseits Kochsalz und andererseits Chlorblei, die mit der Kieselerde der Geschirrmasse sich zu einer dünnen Glasschicht verbinden. Man wendet in England auch häufig Borsäure an, die bei hoher Temperatur auch sich verflüchtigt. Diese Art des Glasirens, besonders in England heimisch, wird *Smearing* genannt.

Lüster und Flowing colours. Hierher gehören auch die Lüster und die *flowing colours* der Engländer, wodurch die Weisse des Porcellangrundes auf liebliche Weise abgeändert wird. Man erhält diese Farben, indem man die Kapseln mit einem Gemenge von Chlorcalcium, Chlorblei und Thon bestreicht und gewisse Metalloxyde wie Kobaltoxyd in kleinen Gefässen in die Kapseln stellt. Die Metalloxyde werden in Chlormetall verwandelt und verflüchtigt und setzen sich gleich einem Nebel auf dem Geschirre ab.

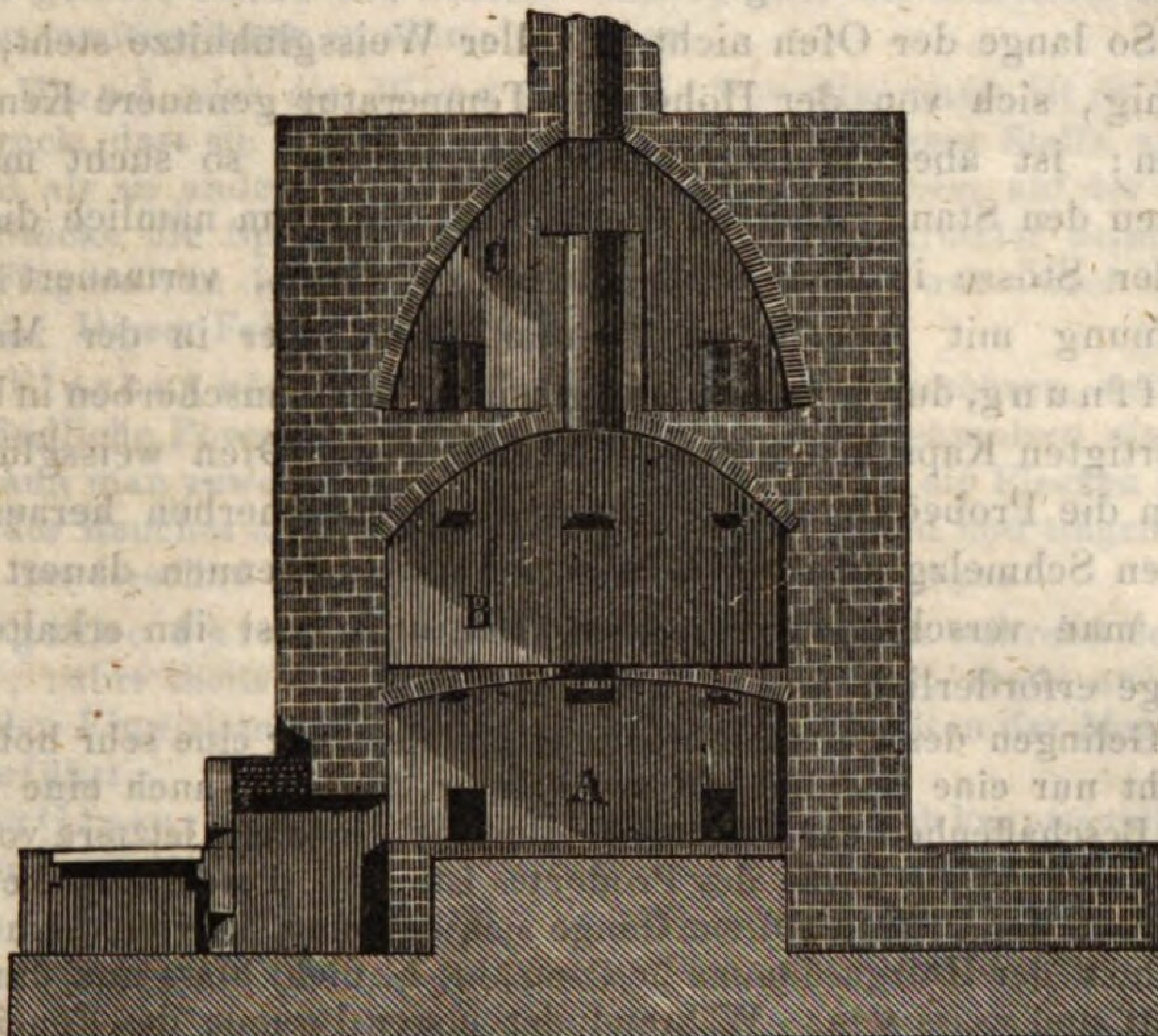
Die Kapsel oder Kasetten. Porcellangefässe und überhaupt feinere irdene Waaren dürfen beim Brennen nicht der freien Einwirkung der Flamme ausgesetzt sein, weil Flugasche und Rauch eine Verunreinigung derselben bewirken würde; man muss sie deshalb in einer Umhüllung brennen, welche zu diesem Zwecke eigens aus Thon verfertigt und Kapsel oder Kasette genannt wird. Man fertigt die Kapseln aus feuerfestem Thon, welcher mit gestossenen, schon gebrannten Kapselscherben (Charmotte oder mit Quarzsand) stark versetzt ist. Durch diesen Zusatz ist das Schwinden und auch die Gefahr des Verziehens und Reissens der Kapsel stark vermindert.

In die Kapsel legt man zuerst eine ebengeschliffene Platte aus Kapselmasse (Pumbse) und stellt erst auf diese das Porcellan. Das Einsetzen der Porcellangeschirre in die Kapseln erheischt die grösste Sorgfalt. Hat der Arbeiter in die sorgfältig gereinigte Kasette den Pumbs gelegt, so bringt er das betreffende Porcellanstück, ohne dessen Glasur zu verletzen, an seinen Ort, so dass es die Kapsel ausser mit dem Fusse nirgends berühre. Auf diese Kapsel kommt eine zweite, darauf eine dritte u. s. f., bis eine Säule entstanden ist, welche der Einsetzer nach dem Ofen hin trägt.

Der Porcellanofen. Die Einrichtung des Porcellanofens ist Fig. 40 im verticalen Durchschnitte dargestellt. Der abgebildete Ofen ist ein stehender Flammenofen mit drei Etagen und fünf Feuerungen für Holzfeuerung eingerichtet. Im Allgemeinen stellt ein solcher Ofen einen hohlen Cylinder vor, dessen obere Decke eine Kuppel bildet, aus der in der Axe der Schornstein sich erhebt. Die flachen Gewölbe oder Etagen, in welche er abgetheilt ist, communiciren durch Feueröffnungen. Die unterste Abtheilung *A* heisst der Gutofen; sie dient zum Gar-, Glatt- oder Starkbrennen des Porcellans; die zweite Etage *B*, der Verglühofen, dient zum Verglühen der geformten Geschirre; in der dritten, *C*, dem Mantel, werden Kapseln etc. gebrannt. In jede Abtheilung führt eine Thür, welche während des Brennens zugesetzt wird. Am Boden des Gutofens sind die fünf Feuerungen angebracht, aus gemauerten viereckigen Kästen bestehend, deren eine Wand vom Ofen selbst gebildet ist. Von jedem Feuerkasten führt eine Oeffnung durch die Ofenwand in

den Gutofen. In dem Gewölbe, welches den Gutofen von dem Verglühofen trennt, befinden sich mehrere Oeffnungen, durch welche die Flamme in die zweite Etage treten kann. Die Hauptöffnung, die den Feuerkanal

Fig. 40.




bildet, liegt in der Axe des Gewölbes. Der Gutofen steht mit der zum Brennen der Kasetten bestimmten Abtheilung *C* nur durch eine in der Mitte des Gewölbes befindliche Oeffnung in Verbindung. Die Heizung geschieht zuerst in den unter den Feuerungen befindlichen Feuerkammern, indem man etwas Holz darin anzündet. Ist durch dieses schwache Feuer, das Flattirfeuer (Lavir- oder Vorfeuer), die Waare bis zum starken Rothglühen erhitzt worden, so beginnt man das Scharf- oder Glattfeuer. Später feuert man nicht mehr in der Feuerkammer, sondern legt das Holz in die vorspringende Oeffnung. Hier findet das Verbrennen so statt, dass von oben die Luft eintritt und dann durch das Brennmaterial hindurch in den Ofen geht. Auf diese Weise wird stets der untere Theil des Holzes verzehrt und die heisse Luft tritt aus den glühenden Kohlen sofort in den Ofen, während bei andern Feuerungen die Luft zuletzt durch das kalte Brennmaterial geht, das man von Zeit zu Zeit aufschüttet, und dadurch abgekühlt wird. Die in der Feuergrube sich ansammelnden Kohlen bilden dort eine bedeutende Glut, die zum Steigern der Temperatur nicht wenig beiträgt, ja ohne welche der beabsichtigte Wärmegrad kaum erreicht werden würde. Sobald die Kohle in dem Feuerkasten in solcher Masse sich angesammelt hat, dass sie über die Ofensohle emporsteigt, öffnet man die vorher verschlossenen Zuglöcher am Feuerkasten und ge-

stattet dadurch der Luft den Zutritt zu den glühenden Kohlen. Auf solche Weise wird die Flamme durch den horizontal eintretenden Luftstrom mehr zur Axe des Ofens hingeführt. Während des Scharffeuerns sind die Feuerherde (die Schüren) wahre Generatoren und man hat so in jedem Feuerraum zwei Verbrennungen übereinander, die sich wechselseitig bedingen. So lange der Ofen nicht in voller Weissglühhitze steht, hat man nicht nöthig, sich von der Höhe der Temperatur genauere Kenntniss zu verschaffen; ist aber Weissglühhitze eingetreten, so sucht man durch Probeziehen den Stand näher zu ermitteln. Nachdem nämlich die Kapselsäulen oder Stösse in den Ofen eingesetzt waren, vermauert man die Einsetzöffnung mit feuerfesten Steinen, lässt aber in der Mauer eine Probeöffnung, durch welche man glasirte Porcellanscherben in besonders dazu gefertigten Kapseln einsetzt. Nachdem der Ofen weissglühend ist, öffnet man die Probeöffnungen, nimmt die Probescherben heraus und beurtheilt den Schmelzgrad ihrer Glasur. Das Gutbrennen dauert 17—18 Stunden; man verschliesst dann den Ofen und lässt ihn erkalten, wozu 3—4 Tage erforderlich sind.

Zum Gelingen des Porcellanbrennens ist nicht nur eine sehr hohe Temperatur, nicht nur eine reichliche Entwickelung, sondern auch eine bestimmte chemische Beschaffenheit der Flamme Bedingung, insofern letztere von wesentlichem Einflusse auf die Farbe des Productes ist. Zu diesem Zwecke muss die Flamme, wenn der Ofen in vollem Gange sich befindet, so viel als möglich die Beschaffenheit der Holzgasflamme besitzen, d. h. nicht blass und durchsichtig, sondern fett und weiss sein. Während der ersten Periode des Feuerns wirken die Gase oxydirend, in der Periode des Scharffeuers ist dagegen der Ofen mit reducirenden Gasen angefüllt.

Das Entleeren des Ofens.

Nachdem der Ofen gehörig abgekühlt ist, schreitet man zum Entleeren desselben. Das den Kapseln entnommene Geschirr wird einer genauen Prüfung unterworfen, wobei es in vier Sorten geschieden wird:

a) in Feingut, wozu alles Geschirr gehört, welches fleckenlos, milchweiss, blasenfrei, spiegelglatt in der Glasur, nicht verbogen und nicht gerissen ist;

b) in Mittelgut, welches minder weiss und glatt in der Glasur ist und nur kleine Fehler hat, die man entweder beim Malen decken kann oder beim Gebrauch des Geschirres nicht nachtheilig sind;

c) zum Ausschuss gehören alle Stücke, deren Glasur schlecht geschlossen oder eierschalig (d. h. wenn in der Glasur sehr viele feine Pünktchen sichtbar werden) und deren Farbe gelblich ist, die Verunreinigungen der Masse oder Verbiegungen zeigen;

d) Stücke endlich mit Blasen und Rissen, mit groben Verziehungen der Formen sind unverkäuflich und gehören dem Bruchgeschirre an.

Fehler der Porcellanmasse und der Glasur.

Die hauptsächlichsten Fehler der Porcellanmasse sind folgende:

Risse der Masse; die Porcellanmasse ist kurz und nur wenig plastisch; sie zieht sich beim Trocknen stark zusammen und die kleinste

Ungleichheit in der Zusammenziehung beeinträchtigt nicht nur die Form, sondern bewirkt selbst eine Trennung der Theile, die oft erst nach dem Brande als Riss sich bemerklich macht. Ein Aufsitzen des Porcellans auf einer Unterlage ist gleichfalls oft der Grund des Entstehens der Risse.

Das Verziehen kann davon herrühren, dass entweder die Flamme zu stark auf gewisse Theile des Stückes wirkte, oder die Masse in Folge fehlerhafter Zusammensetzung zu schmelzbar war.

Der Wund oder die Windung; die Porcellanmasse ist so empfindlich gegen Druck, dass sie an einer nur etwas mehr gedrückten Stelle weit weniger schwindet als an andern Stellen und man daher an einem auf der Scheibe gedrehten Stücke die Spirale sieht, nach welcher der Arbeiter beim Aufdrehen mit den Fingern von der Mitte gegen auswärts oder von unten nach aufwärts gefahren ist. Dieser Fehler wird der Wund genannt.

Die Flecken können von Körnern der Kapseln herrühren, welche auf das darin befindliche Porcellan gefallen und darauf eingeschmolzen sind. Solche Stellen kann man zuweilen ausbessern. Häufig haben die Flecken in der Einwirkung des Rauches auf die Porcellanmasse ihren Grund und tragen dann dazu bei, dass das Geschirr dem Ausschuss beigesellt werden muss.

Die gelbe Färbung, welche die Masse zuweilen während des Brennens annimmt, rührt theils von der Einwirkung des Rauches, theils auch von einer oxydirenden Einwirkung der Flamme her, welche das Eisen der Masse in Eisenoxyd überführt.

In der Glasur der Porcellanmasse machen sich hauptsächlich folgende Fehler bemerklich:

Blasen, sie können in Folge von Gasentwickelung durch die Reaction der Glasurbestandtheile auf einander entstehen, aber auch das Resultat eines zu starken Feuers auf normal zusammengesetzte Masse oder Glasur sein;

die eierschalige Beschaffenheit ist ein Fehler, der sich bei der Glasur von Porcellan oft zeigt und derselben das Glänzende nimmt; wenn die Glasur nicht hinlängliche Schmelzbarkeit besass oder wenn sie nur unvollkommen gebrannt war, oder wenn endlich unter dem Einflusse reducirender Gase sich Alkalien verflüchtigten, so zeigt die Glasur eine eierschalenähnliche Beschaffenheit.

Wenn die Masse und die Glasur verschiedene Ausdehnungscoefficienten haben, so zeigen sich auf der Oberfläche Haarrisse: sind dieselben zahlreich und zeigen sie eine gewisse Regelmässigkeit, so nennt man solche Geschirre craquelirte (vases craquelés).

Porcellanmalerei. Die Porcellanmalerei ist ein Zweig der Glasmalerei, deren Wirkung aber ausschliesslich auf das reflectirte, nie auf das durchgehende Licht berechnet ist. Die Porcellanfarben sind gefärbte Gläser, welche durch Aufschmelzen (Einbrennen) auf die Porcellanmasse Festigkeit und Glanz erlangen. Zur Erzeugung jeder Farbe gehört das farbegebende Metalloxyd und der Fluss. Je nach ihrem Verhalten im Feuer theilt man die Porcellanfarben ein in Scharffeuerfarben und Muffelfarben. Erstere enthalten färbende Oxyde, die vollkommen oder mindestens so feuerbeständig sind, dass sie die zum Scharfbrennen erforderliche Hitze unverändert ertragen. Man trägt sie unter der Glasur auf und schmilzt sie mit derselben. Da die meisten Metalloxyde bei der Temperatur des Scharffeuers ganz oder zum Theil sich verflüchtigen und einen unreinen Ton geben, so sind die meisten Porcellanfarben Muffelfarben, welche

stets nach dem Glasiren auf der Glasur aufgetragen und in der Muffel eingebrannt werden.

Die in der Porcellanmalerei angewandten Metalloxydsalze sind folgende:

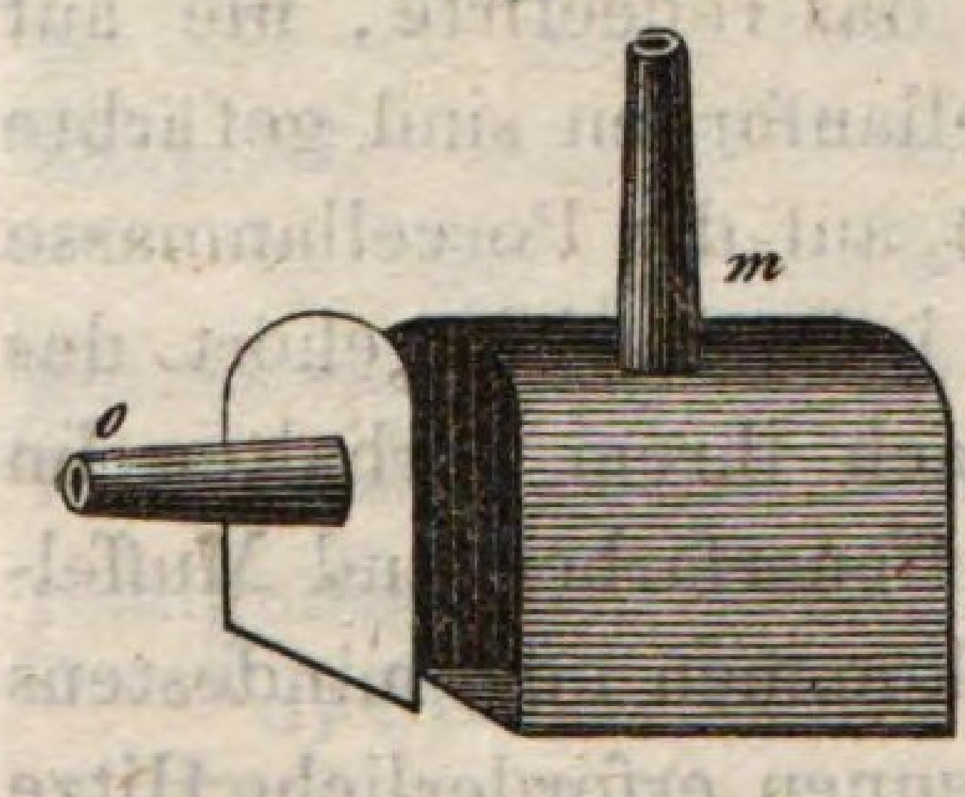
Eisenoxyd für Roth, Braun, Violett, Gelb und Sepia,
Chromoxyd für Grün.
Kobaltoxyd und salpetrigsaures Kobaltoxydul-Kali für Blau und Schwarz,
Uranoxyd für Orange und Schwarz,
Manganoxyd für Violett, Braun und Schwarz,
Iridiumoxyd für Schwarz,
Titanoxyd für Gelb,
Antimonoxyd für Gelb,
Kupferoxyd und Kupferoxydul für Grün und Roth,
chromsaures Eisenoxydul für Braun,
chromsaures Bleioxyd für Gelb,
chromsaurer Baryt für Gelb,
Chlorsilber für Roth,
Platinchlorid und Platinsalmiak für Platinfarbe,
Goldpurpur für Purpur- und Rosenroth.

Von den vorstehenden Oxyden sind zu Scharffeuerfarben anwendbar das Uranoxyd, das Kobaltoxyd, das Chromoxyd, das Mangan- und Eisenoxyd und das Titanoxyd.

Die meisten Metalloxyde, so das Eisenoyxd, das Chromoxyd, das Iridiumoxyd, besitzen schon von Hause aus die gewünschte Nüance; diese werden nur mit dem Flussmittel zusammengerieben und als Farbe benutzt; einige Oxyde erlangen die verlangte Färbung erst, wenn sie durch Schmelzen in Silicate oder Borate, überhaupt in Gläser übergegangen sind. So müssen z. B. Kobaltoxyd und Kupferoxyd erst mit Kieselsäure und Borsäure, Antimonoxyd mit dem Bleioxyd des Flusses zusammentreten, damit eine blaue, grüne oder gelbe Farbe sich bilde. Letztere Farben heissen Schmelzfarben, weil sie ihre Farbe erst erhalten, wenn sie mit dem Flussmittel zusammengeschmolzen werden, zum Unterschiede von den Frittefarben, deren Verwendung ein Fritten vorausgehen muss, durch welches die Farbe in einen halbverglasten Zustand versetzt wird.

Das Einbrennen der Farben geschieht bei den Scharffeuerfarben im Gutofen mit dem Aufbrennen der Glasur, bei den Schmelzfarben dagegen in der Muffel (Fig. 41) aus Kapselmasse gefertigt, welche in dem Muffelofen zum Glühen erhitzt wird; die vordere Wand der Muffel dient als Thüre zum Eintragen des Geschirres, das Rohr *o*, um die Temperatur und den Grad des Aufgebranntseins zu beobachten; das von der Mitte der oberen Wölbung der Muffel sich erhebende Rohr *m* gestattet den sich entwickelnden Terpentinöl- oder Lavendelöldämpfen den Abzug. Beide Rohre sind mit Thonpfropfen verschlossen. Sobald die Muffel lebhaft rothglüht, beginnen die Farben zu fliessen; man öffnet von Zeit zu Zeit das Schauloch, um den Moment wahrzunehmen, wo die spiegelnde Oberfläche anzeigt, dass die Farben vollkommen geflossen sind. Das Schaurohr und das obere Abzugsrohr der Muffel dürfen nie zu gleicher Zeit geöffnet werden, damit nicht ein kalter Luftstrom in die Muffel dringt.

Fig. 41.



Da die Muffelfarben stets auf der Glasur sich befinden, so lassen sie sich meist als fühlbare Erhabenheiten wahrnehmen; da sie ausserdem gefärbte Bleigläser und deshalb weich sind, so unterliegen diese Farben doppelt der Abnutzung — Uebelstände, die bei den Scharffeuerfarben, als unter der Glasur liegend, nicht vorkommen.

Decoriren des Porcellans. Das Gold wird behufs der Vergoldung von Porcellan aus seiner Lösung in Königswasser entweder durch Eisenvitriol oder durch salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt. Vor seiner Anwendung wird das Gold mit dem Flussmittel auf das Innigste gemischt. Man wendet als Fluss basisch salpetersaures Wismuthoxyd an.

Das Muschel- oder Malergold, dessen man sich ebenfalls zum Vergolden bedient, besteht aus den Schabinen von der Bereitung des ächten Goldblattes. Diese Schabinen werden mit einem in siedendem Wasser leicht löslichen Körper, wie Zucker, Salz oder Honig, fein gerieben.

Die Vergoldung muss auf die von Fett vollständig befreite Fläche aufgetragen werden, weil sonst das Gold durchaus nicht adhäriren würde. Das Gold wird entweder mit dem Pinsel oder durch Druck aufgetragen. Das Einbrennen geschieht in der Muffel. Da das Gold dabei nicht schmilzt, sondern nur durch den schmelzenden Fluss auf das Porcellan befestigt wird, so zeigt es nach dem Brennen keinen Glanz, welchen es erst durch das Poliren (Vorpoliren mit glattem Achat und Reinpoliren mit Blutstein) erhält.

Durch Glanzvergoldung. Ganz verschieden von der vorstehenden Vergoldung ist die Meissner Vergoldung oder Glanzvergoldung, deren Glanz nicht nur durch Reiben und Poliren hervorgebracht wird, sondern während des Brennens selbst entsteht. Sie wird gewöhnlich durch Einbrennen einer Lösung von Schwefel oder Knallgold in Schwefelbalsam erhalten.

Ob ein Gegenstand durch gefälltes metallisches Gold oder durch ein Glanzgoldpräparat vergoldet ist, lässt sich mit Sicherheit nicht durch Streichen mit dem Finger, mit Leder oder durch Kratzen mit den Nägeln u. s. w. beurtheilen. Führt man aber die vergoldete Fläche einige Male gegen das Haupthaar, so nimmt dieses die Glanzvergoldung wie eine feine Feile weg, wogegen die echte Vergoldung davon nicht leidet.

Durch Silber und Platin. Das Versilbern und Platiniren ist nur in geringer Ausdehnung üblich. Das metallische Silber wird aus seiner Lösung durch Kupfer oder Zink, das Platin aus neutralem Platinchlorid durch Kochen mit Kali und Zucker gefällt. Das Schwarzanlaufen der Versilberung auf Porcellan durch schwefelwasserstoffhaltige Ausdünstungen kann man nach Rousseau verhindern, wenn man vor dem Brennen auf das Silber eine sehr dünne Schicht Gold ausbreitet. Es entsteht dann eine weisse Legierung von Gold-Silber, welche beständig ist. Es sind indessen zum Gelingen viele Vorsichtsmassregeln nöthig. Silber und Platin werden mit basisch salpetersaurem Wismuthoxyd gemengt, aufgetragen und eingeschmolzen; sie werden nachträglich polirt. Glanzplatin oder Platinlüster erhält man durch Auftragen von Platinsalmiak mit Lavendelöl oder Schwefelbalsam und Einbrennen.

Lithophanien. Das Durchscheinende des Porcellans hat man zur Darstellung der Lithophanien oder Lichtbilder benutzt; es sind dies in flachen Gypsformen mit Reliefzeichnungen gepresste dünne und nicht glasirte Porcellanplatten, welche im durchfallenden Lichte in Folge der zweckmässig abgestuften Dicke Licht und Schatten der Figuren mit einer sonst unerreichbaren Wärme und Weichheit im Uebergange der Töne zeigen. Eine grosse Aehnlichkeit mit den Lithophanien haben die unter dem Namen Email ombrant oder Email de Rubelles oder Lithoponien angefertigten Porcellan- und Fayencegegenstände; in Bezug auf die Pressung zeigen sie aber das Entgegengesetzte der Lithophanien, weil bei dem Email ombrant die dunkelsten Stellen gerade am meisten vertieft, daher am dünnsten sein müssen, und das Bild nicht im durchgehenden, sondern

im auffallenden Lichte betrachtet wird. Man wendet diese Verzierung auf Tafelservice und Kacheln an; diese Gegenstände erhalten durch Formen eingedrückte Vertiefungen, welche dann mit halbdurchsichtiger gefärbter Glasurmasse ausgefüllt werden, wobei die tiefsten Stellen dickere Schichten von Glasur aufnehmen und daher dunkler erscheinen als die erhabeneren Stellen, welche weniger mit Glasur bedeckt werden und dadurch heller bleiben.

## Weiches oder Frittenporcellan.

Französisches Frittenporcellan.

Das weiche oder Frittenporcellan wird als französisches und englisches Frittenporcellan unterschieden.

Das französische oder eigentliche Frittenporcellan ist eine glasartige Masse (ein unvollständig geschmolzenes Alkali-Erde-Silicat), ohne Zusatz von Thon, mit bleihaltiger, dem Krystallglas ähnlicher Glasur. Es gehört demnach nur uneigentlich zu den Thonwaaren, die Aehnlichkeit mit dem Porcellan entspringt nur aus der unvollkommenen Schmelzung der durch Uebersetzung mit Kalk und Thonerde strengflüssig gemachten Masse.

Die Masse zu dem Frittenporcellan wird zusammengesetzt: 1) aus einer Fritte, um der Masse Kieselerde und Alkalien zu geben, 2) aus Mergel, um Thon beizufügen, 3) aus Kreide, als kalkigem Bestandtheil.

Die Verhältnisse dieser drei Gemengtheile sind im Allgemeinen:

| | |
|---|---|
| Fritte | 75—75 |
| Mergel | 17—8 |
| Kreide | 8—17 |

Das Frittenpulver wird mit Kreide und Kalkmergel gemischt, als dünner Brei fein gemahlen, als Brei einige Monate lang aufbewahrt, getrocknet, von Neuem gepulvert und durchgebeutelt. Der an und für sich kurzen Masse ertheilt man einen gewissen Grad von Plasticität durch Zusatz von Seifen- oder Leimwasser oder Gummischleim. Das Frittenporcellan wird in Kapseln gar gebrannt, ehe man es mit Glasur versieht; da es während des Brennens sich leicht verzieht, so muss es auf allen Seiten gestützt werden; man brennt es deshalb auf Formen von feuerfestem Thon, die genau die Gestalt der Geschirre haben. Es wird schon in dem Verglühofen des gewöhnlichen Porcellanofens gar gebrannt. Die Glasur des Frittenporcellans ist ein zu diesem Behufe eigens bereitetes Krystallglas.

Das Frittenporcellan ist leicht an dem Bleigehalt der Glasur zu erkennen. Eine Auflösung einer Schwefelleber einige Zeit in einem Gefässe aus Frittenporcellan aufbewahrt, schwärzt es oberflächlich.

Englisches Frittenporcellan.

Das englische Porcellan besteht in der Masse aus plastischem Thon, aus Porcellanerde von Cornwallis (sogenannter *China clay*,) *Cornish stone* (durch Verwitterung von Pegmatit entstanden), Feuerstein und Knochenerde. Die Glasur besteht aus Cornish stone, Kreide, Feuerstein, Borax und Bleioxyd. Da die Glasur leichter schmelzbar ist als die Masse, so muss letztere im ersten, stärkeren Feuer grössten-

theils gargebrannt werden, ehe im zweiten kürzeren Feuer die Glasur aufgebrannt wird; hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen hartem und englischem Porcellan. Beim hartem Porcellan ist der Grad der Schmelzbarkeit der Masse und der Glasur ziemlich derselbe, namentlich stimmt in dieser Beziehung der Fluss der Masse mit der Glasur überein, während beim englischen und überhaupt beim Frittenporcellan eine Verschiedenheit des Flusses der Masse von dem der Glasur charakteristisch ist. Daraus folgt, dass das englische Porcellan weit weniger haltbar sei und leichter rissig werden muss, als das harte; auf der andern Seite ist die Masse des englischen Porcellans plastischer, bedarf zum Garbrennen wegen der überwiegenden leichtflüssigen Bestandtheile eines geringen Feuers und ist deshalb dem Verziehen beim Brennen weniger ausgesetzt. Auf dieser letzteren Eigenschaft beruht namentlich der Vorzug, dass die englischen Porcellane ohne Schwierigkeit mit geringer Scherbenstärke hergestellt werden können, während andererseits dieselben vermöge ihrer leichtflüssigen bleihaltigen Glasur die Anwendung der schönsten Farbennüancen zu Verzierungen gestatten. Das Brennen geschieht in eigenen Etageöfen mittelst Steinkohlen. Die Geschirre stehen in Kapseln. Die Glasur ist stets bleihaltig.

Das Glasiren wird durch Eintauchen bewerkstelligt. In neuerer Zeit spielt die Borsäure als Mittel zum Glasiren des englischen Porcellans eine grosse Rolle.

Parian und Carrara. Das parische Porcellan oder Parian (dieser Name ist abgeleitet von der durch ihren Marmor berühmten Insel Paros) ist unglasirtes Statuenporcellan von einer dem englischen Porcellan ähnlichen, aber strengflüssigeren Masse, weniger Fluss und mehr Kieselerde enthaltend. Die Farbe der Masse zeigt einen etwas milden gelblichen Ton; die Oberfläche ist wachsartig und fettähnlich schimmernd. Das Parian wurde zuerst von Copeland im Jahre 1848 dargestellt, obgleich die Idee, parischen Marmor durch Porcellanmasse nachzuahmen, nicht neu ist, Kühn in Meissen und auch die Nymphenburger Fabrik haben längst Medaillen und Statuetten geliefert, welche mit dem Statuenmarmor grosse Aehnlichkeit haben, obgleich letztere ihrer Zusammensetzung nach sich dem harten Porcellan anschliessen. Die Zusammensetzung des Parian ist eine sehr verschiedene; manche Probe enthält phosphorsauren Kalk, andere wieder Baryt, noch andere endlich nur Kaolin oder Thon und Feldspath.

Der Carrara (eine Benennung nach dem durch seinen Marmor berühmten Carrara in Toskana) steht zwischen Parian und Steinzeug in der Mitte und ist weniger durchscheinend als Parian und von etwas weisserer Farbe.

## Das Steinzeug oder Steingut.

Steinzeug. Das Steinzeug oder Steingut schliesst sich unmittelbar an das Porcellan an, insofern seine Masse dicht, klingend, feinkörnig, gleichartig, nicht an der Zunge hängend ist. Die Masse ist halb verglast, aber nicht aufgelöst wie bei dem Porcellan und nur an den Kanten oder kaum durchscheinend. Das feine weisse Steinzeug unter-

scheidet sich nur durch Abwesenheit der durchscheinenden Eigenschaft äusserlich von dem Porcellan. Man unterscheidet das Steinzeug

1) als porcellanartig glasirtes,
2) als weisses oder gefärbtes unglasirtes,
3) als gemeines Steinzeug, mit Kochsalz glasirt.

Das feine weisse Steinzeug besteht in der Masse aus plastischem, sich weiss brennendem, weniger feuerbeständigem Thon mit Zusatz von Kaolin und Feuerstein und einem feldspathartigen Mineral (in der Regel Cornish stone) als Flussmittel. Die Glasur enthält Bleioxyd und Borax und ist durchsichtig. Das Flussmittel ist in dem Steinzeug stets in grösserer Menge vorhanden als in dem Porcellan und macht gewöhnlich mehr als die Hälfte des Gewichtes der Masse aus. Daraus folgt, dass das Steinzeug im Porcellanofenfeuer zusammenschmilzt und nur bei weit niedrigerer Temperatur gebrannt werden kann. Da die Masse zum Theil aus plastischem Thone besteht, so ist sie weit bildsamer als die Porcellanmasse. Demnach ist das Steinzeug als ein Ersatzmittel für das Porcellan zu betrachten, dessen grössere Wohlfeilheit in der Leichtigkeit beruht, mit welcher es geformt und gebrannt werden kann, während es mit dem Porcellan die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit für Flüssigkeiten theilt.

Das weisse oder gefärbte unglasirte Steinzeug oder Wedgwood besteht in der Masse aus plastischem, weniger feuerbeständigem Thone, Kaolin, Feuerstein und Cornish stone, letzterer bis zur Hälfte des Ganzen, ist weit leichtflüssiger als Porcellan und erfordert daher einen geringern Hitzegrad zum Brennen. Das farbige Steinzeug ist grösstentheils von derselben Grundmasse als das weisse feine Steinzeug, wird aber entweder in der ganzen Masse, oder nur oberflächlich durch eine Belegung mit einer Schicht von sogenannten Angussfarben gefärbt. Man wendet das Angiessen besonders bei den blauen und grünen Massen an, deren Preise bedeutend gesteigert werden würden, wenn man die ganze Masse färben wollte. Sehr häufig bringt man Verzierungen durch aufgelegte Reliefs von anders gefärbter Thonmasse an. Die gefärbten Wedgwoodwaaren sind unter dem Namen Aegyptian, Bamboo, Basaltgut, Biscuitgut, Jaspisgut u. s. w. bekannt.

Gemeines Steinzeug.

Das gemeine Steinzeug gehört ebenfalls noch zu den Thongeschirren mit verglaster Masse, deren halbgeflossener Zustand jedoch nicht durch einen Flusszusatz hervorgebracht, sondern nur durch eine stärkere Einwirkung des Feuers auf die nicht vollständig feuerbeständige Thonmasse bewirkt wird. Die Zusammensetzung der Masse ist weit einfacher als bei dem feinen Steinzeug und Porcellan und besteht hauptsächlich aus plastischem Thone, zum Theil mit einem Gemengtheile, der sich im Feuer wenig oder nicht zusammenzieht und die Schwindung des Thones vermindert, z. B. feinem Sand oder gemahlenen Scherben von gebranntem Steinzeug. Geschirre aus Steinzeug vertragen plötzlichen Temperaturwechsel sehr schlecht und eignen sich deshalb nicht als Kochgeschirre,

dagegen sind sie vortrefflich, wenn es sich um besondere Reinhaltung und eine gewisse chemische Beständigkeit der Masse oder um eine beträchtliche Stärke handelt. Daher ihre Anwendung zu Mineralwasserkrügen, Säureflaschen, Gefässen zu chemischem und pharmaceutischem Gebrauche, Milchnäpfen, Wassereimern, Gefässen zum Einmachen der Früchte in Essig und Salz, zum Aufbewahren von Schmalz u. s. w. Die Farbe des gemeinen Steinzeuges ist meistens grau.

Die hohe Temperatur, bei welcher das gemeine Steinzeug gebrannt wird, und die Art der Zusammensetzung der Masse bewirkt schon an und für sich eine Verglasung, weshalb eine Glasur gerade nicht nothwendig ist. Dort, wo sie angebracht wird, dient sie mehr zur Hebung des Ansehens als der Brauchbarkeit. Am häufigsten ist die Glasur ein blosser Anflug oder Lüster mit Hülfe von Kochsalz erzeugt.

Man führt das Glasiren dadurch aus, dass man während des Brennens Kochsalz in den Brennofen wirft. Das Glasiren wird erst gegen das Ende des Brandes vorgenommen, nachdem die Temperatur im Ofen ihr Maximum erreicht hat, das zur Verflüchtigung des Kochsalzes nothwendig ist. In dem liegenden Ofen sind eine Anzahl von Oeffnungen in dem Gewölbe angebracht, durch welche die Arbeiter das Kochsalz einwerfen. Nach dem Einbringen des Kochsalzes verschliesst man die Oeffnungen einige Zeit lang, worauf die zweite Hälfte Kochsalz eingebracht wird. Die Kieselerde zersetzt das Kochsalz bei Gegenwart von Wasserdämpfen in Salzsäure und Natron, mit welchem sie sich verbindet. Die auf der Oberfläche der Steinzeuggeschirre entstehende Glasur besteht demnach aus kieselsaurem Thonerde-Natron. Nach Leykauf's Beobachtungen zersetzen Thone von mehr als 50 pCt. Kieselerde das Kochsalz um so besser, je mehr Kieselerde sie enthalten.

Ein Ofen von mittlerer Grösse verlangt etwa 80 — 100 Pfd. Kochsalz; die Töpfer ziehen die unreinen Sorten desselben dem reinen Salze vor. Die so erhaltene Glasur ist fast farblos und die Geschirre zeigen dann die Farbe ihrer Masse. Die auf gewissen Steinzeugsorten wahrnehmbare ungleiche Farbe, die auf der einen Seite dunkel und fast kastanienbraun ist, während sie auf der entgegengesetzten in ein blasses Graubraun übergeht, wird dadurch hervorgebracht, dass man sofort nach dem Eintragen des Kochsalzes Birkenrinde in das Feuer wirft, welche russige Verbrennungsgase entwickelt.

Lackirte Thonwaaren. Unter dem gleichbedeutenden Namen Terralith und Siderolith werden im nördlichen Böhmen und zu Wallerfangen bei Mainz Thonwaaren verfertigt, welche zwischen Steinzeug, Steingut und gewöhnlicher Töpferwaare in der Mitte stehen, aber mit keiner Glasur, sondern mit einem starken, einfach gefärbten oder bronzirten Firnissüberzug versehen sind. Solche Geschirre können, da die Farbe der Masse durch die Lackirung versteckt wird, aus gefärbten Thonen hergestellt werden, welche man genau so wie die Masse in den Steingutfabriken behandelt. Vorzugsweise werden Leuchter, Becher, Krüge, Blumenvasen, Blumenampeln, Körbe, Schreibzeuge, Butterdosen, Fruchtkörbe, Basreliefbilder und verschiedene Nippsachen aus dieser Thonmasse geformt, getrocknet und in Kapseln in gewöhnlichen Brennöfen scharf gebrannt. Von der Verfertigung der Masse an bis zum Trocknen des Geschirres wendet man grosse Sorgfalt an, um an der Waare, auf welche viel Arbeit und Kunst verwen-

det wurde, möglichst wenig zu verlieren. Farben und Bronze werden mit Bernsteinfirniss angerührt und mit Terpentin- oder Leinöl verdünnt mit Pinseln auf die Waare aufgetragen und letztere nun in Muffeln einem schwachen Feuer ausgesetzt, welches eben nur die Verdunstung der den Farben und dem Lack zugesetzten ätherischen Oele bezweckt, daher die Terralithwaaren mit getrocknetem Firnissüberzuge aus dem Ofen kommen.

## Die Fayence.

Fayence. Die Fayence hat ihren Namen von der Stadt Faënza im Kirchenstaate, wo derartige Gefässe vorzugsweise gefertigt wurden. Im 9. Jahrhundert verfertigten die Araber in Spanien schon Fayence, von dort kam sie nach Majorka, woher auch der Name Majolika für Fayence stammen soll. Die Masse der zu der Fayence zu rechnenden porösen Thonwaaren ist erdig, an der Zunge hängend, undurchsichtig, von mehr oder weniger lockerem Gefüge und wenig oder nicht klingend. Sie besteht wesentlich aus plastischem Thone oder einem Gemenge von diesem mit gemeinem Töpferthone. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Töpfergeschirre ausser durch die Anwendung feinerer Materialien auch durch weit sorgfältigere mechanische Bearbeitung. Man unterscheidet feine weisse und gemeine emaillirte Fayence. Die feine Fayence (Halbporcellan) besteht in der Masse wesentlich aus plastischem Thone, versetzt mit gemahlenem Quarz oder Feuerstein, mit Kaolin oder Pegmatit, also feldspathigen Gemengtheilen. Die Gemengtheile der feinen Fayence sind so beschaffen, dass sich die Masse vollkommen oder fast weiss brennt; sie erhalten stets eine durchsichtige farblose Glasur, so dass die Farbe der Geschirre die durch die Glasur hindurchgehende Farbe der Masse ist. Die Massen der in den verschiedenen Ländern mit dem Namen Fayence bezeichneten Geschirre verhalten sich im Feuer sehr verschieden; einige sind strengflüssig und gar nicht schmelzbar und vertragen einen hohen Hitzegrad beim Brennen, andere sind dagegen schmelzbar und können nur bei verhältnissmässig niederer Temperatur gebrannt werden. Die Zusammensetzung der Glasur ist daher je nach der Natur der Masse und der Bestimmung des Geschirres eine sehr verschiedene.

Die gemeine emaillirte Fayence besteht der Masse nach aus einem Gemenge von Töpferthon oder plastischem Thon, Mergel (Thon mit kohlensaurem Kalk) und Quarz oder Quarzsand. Charakteristisch für ihre Masse ist ein Gehalt von 15—25 pCt. Kalk, der bei der niederen Temperatur, bei welcher die gemeine Fayence gebrannt wird, seine Kohlensäure nur zum Theil verliert. Die gemeine Fayence lässt sich daher leicht von anderen Thonwaaren dadurch unterscheiden, dass sie im gargebrannten Zustande, mit Säuren übergossen, aufbraust. Ihr Gefüge ist locker und erdig, ihre Farbe in Folge eines Eisenoxydgehaltes von 2—4 pCt. stark gelb, so dass die gemeine Fayence mit einer undurchsichtigen Glasur (einem Email), aus Zinnoxyd, Bleioxyd, Alkalien und

Quarz bestehend, überzogen werden muss. In dem hohen Eisenoxyd- und Kalkgehalt der Masse liegt der Grund, warum dieselbe bei einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur gebrannt werden muss, da sie bei hohen Hitzegraden zu einer Schlacke zusammenschmelzen würde.

Die Fayence wird ebenso wie das Porcellan zweimal gebrannt und zwar das erste Mal ohne, das zweite Mal mit Glasur. Bei der Fayence ist aber der erste Brand der stärkste, beim Porcellan dagegen der zweite.

Das Brennen der Fayence erfolgt in Kapseln oder Casetten, welche man mit lufttrockner Waare füllt und dann säulenförmig übereinander stellt, sodass der Boden der nächstfolgenden Kapsel der vorhergehenden als Deckel dient. Die Verbindungstelle von je zwei Kapseln wird mit fettem Thon verstrichen. Beim Hartbrennen kann man, weil die Fayence beim Brennen nicht erweicht und verschmelzen kann, mehrere Stücke unmittelbar aufeinander in eine einzige Kapsel stellen. Die einzelnen Stücke bedürfen nur einer Unterstützung an wenigen Punkten, wozu die sogenannten Pinnen (kleine dreiseitige Prismen aus unglasirtem Thone) benutzt werden, auf denen die in die Kapseln eingesetzten Stücke mit der Unterseite ruhen. Da die Pinnen die Glasur nur an wenigen Punkten berühren, so machen diese an derselben eine kaum bemerkbare trockne Stelle. Anstatt der Kapseln wendet man auch häufig oben und unten offene Cylinder (Koken) an, in welchen man die zu brennenden Geschirre mit Hülfe von Pinnen befestigt.

Das hartgebrannte Fayencegeschirre wird sofort glasirt. Die mit Wasser zu einer dünnen Schlempe angerührte Glasur befindet sich in einem Kasten, in welchen die mit Glasur zu überziehenden Gegenstände einige Augenblicke getaucht werden. Die Materialien zur Glasur werden vorher zu einem Glase geschmolzen und dieses dann zu einem zarten Pulver gemahlen, wie erwähnt, in Gestalt von Schlempe aufgetragen. Das Material für die Fayenceglasur ist Feldpath und in England Cornish stone, ferner Feuerstein, Schwerspath, Sand, Borax und Borsäure, Krystallglas, Soda und Natronsalpeter, Bleiglätte, Bleiweiss, Mennige und Smalte. Die Zusammensetzung dieser Glasuren ist daher gewöhnlich eine sehr complicirte, aber als wesentlichen Bestandtheilen stets aus Kieselsäure, Borsäure, Thonerde, Bleioxyd und Alkali zusammengesetzt.

In neuerer Zeit wendet man in England mit vielem Vortheil bei der Bereitung der Glasur den aus Peru eingeführten natürlichen borsauren Kalk an. Im Allgemeinen dient der Bleizusatz, die erforderliche Leichtflüssigkeit der Glasur hervorzubringen, während man zugleich durch den Feldspath (theils durch dessen Kieselerde, indem sich kieselsaurer Kalk bildet, theils durch dessen Thonerde) der Weichheit und Leichtritzbarkeit abzuhelfen sucht, welche sonst die Blei-Alkaligläser charakterisirt.

Verzieren der Fayence.

Zur Verzierung der Fayence wendet man an 1) das Bemalen, 2) das Angiessen, 3) das Bedrucken, 4) das Lüstriren. Das Bemalen geschieht gewöhnlich mit dem Pinsel und zwar theils unter, theils auf der Glasur; da bei dem Aufbrennen der Glasur die Temperatur bei weitem nicht die des Porcellangarbrennofens erreicht, so können die meisten Fayencefarben unter der Glasur aufgetragen werden. Kunstgerechte Malerei mit dem Pinsel ist jedoch bei der Fayence nicht am Platze. Ebenso wie beim Glase bilden Chromoxyd, Kobaltoxyd, Eisenoxyd, Antimonoxyd u. s. w. die Farbstoffe. Die rosen- und purpurrothen Färbungen, die man bei dem Porcellan mit Goldpräparaten erzielt, waren lange Zeit von der Fayencemalerei ausgeschlossen, bis man in England die Pink-colour (Nelkenfarbe) entdeckte, in welcher das Färbende Chromoxydul, dem auch die Pyropen ihre Färbung verdanken, zu sein scheint.

Man bereitet diese Farbe, indem man

| | |
|---|---|
| Zinnsäure | 100 |
| Kreide | 34 |
| chromsaures Kali | 3—4 |
| Kieselerde | 5 |
| Thonerde | 1 |

mit einander mischt und das Gemenge mehrere Stunden heftig glüht; die Masse erscheint schmutzig rosenroth; sie nimmt eine angenehmere Färbung an, wenn man sie nach dem Schlämmen mit Wasser wäscht, das mit etwas Salzsäure angesäuert worden ist.

Das Angiessen besteht darin, den Fayencegefässen innerlich oder äusserlich einen Ueberzug von verschieden gefärbter Masse zu geben, daher denn das Stück inwendig weiss, auswendig blau, roth und grün sein kann, während die Masse des Gefässes selbst keine von diesen Farben zu haben braucht. Die Massen, womit man angiesst, bestehen gewöhnlich aus fettem, mit Wasser zu einer Schlempe angerührtem Thon und färbenden Metalloxyden.

Das Bedrucken der Fayence geschieht vor dem Auftragen der Glasur und zwar meist in Schwarz, Blau oder Pinkcolour. Für Schwarz wendet man ein Gemenge von Hammerschlag, Braunstein und Kobaltoxyd, oder Chromschwarz an, für Blau Kobaltoxyd, welches man, je nach der helleren oder dunkleren Farbe, die man erzielen will, mit Feuerstein und Schwerspathpulver versetzt; das Gemenge wird gefrittet, die Fritte dann gemahlen und mit einem Fluss aus gleichen Theilen Flintglas und Feuerstein bestehend, versetzt. Die auf eine Kupfer- oder Stahlplatte geätzte oder gravirte Zeichnung wird mit der mit abgekochtem Leinöl abgeriebenen Farbe auf feines und weiches Papier abgedruckt, welches, um das Eindringen des Leinöles zu verhüten, vorher mit Leinsamenschleim getränkt wird. Die abgedruckte Zeichnung wird auf die verglühte Waare gebracht und vorsichtig mit einem Stück Filz oder Schwamm angedrückt. Die Geschirre werden einige Zeit lang in Wasser gestellt und dann das erweichte Papier abgezogen, wobei die farbige Zeichnung auf dem Thon sitzen bleibt. Da bei dem darauf folgenden Glasiren diejenigen Stellen, wo die ölige Zeichnung sich befindet, keine Glasur annehmen würden, so glüht man die mit Zeichnungen versehenen Geschirre; dadurch wird einerseits das Oel der Druckfarbe zerstört, andererseits die Farbe durch Fritten so weit befestigt, dass sie während des Glasirens auf nassem Wege nicht mehr beschädigt werden kann.

Da die zum Druck benutzten Kupfer- oder Stahlplatten sich durch die scharfen Theilchen der Glasflüsse äusserst schnell abnutzen, so ist man auf eine andere Methode des Abdruckens geführt worden, bei welcher dieser Uebelstand beseitigt ist. Man reibt nämlich die erwärmte Platte, deren Zeichnung abgedruckt werden soll, mit dick eingekochtem Leinöl und wenig Terpentinöl ohne Farbe ein und druckt dann auf ein feuchtes Blatt von Gelatine ab. Ist dies geschehen, so legt der Arbeiter die Gelatinetafel auf eine Tischplatte und rollt z. B. eine Tasse, auf welche die Zeichnung abgedruckt werden soll, langsam darüber, worauf der Firniss auf das Geschirr übergedruckt wird. Man bestäubt den Abdruck mit der fein gepulverten Farbe, lässt ihn trocknen und nimmt mit Baumwolle oder einem weichen Pinsel die lose Farbe auf, die nun da haftet, wo der Firniss aufgetragen worden ist; hierauf wird die Farbe unter der Muffel eingebrannt.

Flowing colours. Eine sehr häufig auf Fayence angewendete Verzierung sind die *flowing colours*. Das damit versehene Geschirr zeigt sehr kräftige und satt dunkelblaue Zeichnungen, welche ausgeflossen sind und sich so in den weissen Grund verlaufen, dass auch dieser einen bläulichen Schein bekommt. Die völlig undurchsichtige Waare erhält dadurch den Anschein, als ob sie durchscheinend sei und dadurch ein porcellanähnliches Aussehen. Man druckt die Kobaltoxydzeichnung auf das Geschirr wie gewöhnlich auf und glasirt dann. Das Glattbrennen geschieht in Kapseln, deren innere Seite mit einem Gemenge von Chlorcalcium,

Chlorblei und Thon bestrichen ist, oder man stellt das Gemenge neben das Geschirr in den Kapseln in kleinen Tiegeln. Das Kobaltoxydul wird durch die sich verflüchtigenden Chloride (Chlorcalcium, Chlorblei) in Chlormetall verwandelt und zum Theil verflüchtigt und setzt sich gleich einem Nebel auf dem Geschirre ab.

Lüster. Eine sehr angenehme Verzierung der Fayence wird dadurch hervorgebracht, dass man derselben einen höchst zarten metallischen Anflug, Lüster, giebt, welcher seinen Glanz allein durch das Brennen erhält, während dickere Metallschichten den Glanz erst nach dem Brennen durch das Poliren erhalten.

Man unterscheidet 1) Goldlüster, 2) Platinlüster, 3) Kupferlüster, 4) Silberlüster, 5) Bleilüster.

Goldlüster. Je nach dem Glanze und der Dicke der Vergoldung unterscheidet man 1) Glanzvergoldung 2) Goldlüster und 3) Burgoslüster.

Der Goldlüster wird häufig zum Verzieren von Fayence, hauptsächlich zum Ueberziehen ganzer Flächen gebraucht; er hat ein minder glänzendes Aussehen als die Glanzvergoldung, ein besseres und glänzenderes jedoch als der Burgoslüster. Alle Vorschriften zur Darstellung dieses Lüsters kommen auf die Anwendung von Schwefelgold oder Knallgold und Schwefelbalsam hinaus.

Der Burgoslüster ist nichts anders als Goldlüster, aber in sehr zarter Lage aufgetragen. Man benutzt ihn hauptsächlich zum Fondiren von Flächen, indem man zuerst Druck oder Malerei auf denselben anbringt, welche durch den Lüster ersichtlich bleiben. Dieser Lüster bedingt zugleich eine rosenrothe Färbung der Glasur und gewährt demnach den doppelten Effect von Farbe und Goldglanz.

Der Platinlüster wird durch Mischen von wasserfreiem Platinchlorid mit Lavendelöl oder einem andern ätherischen Oele, oder mit Schwefelbalsam erhalten. Man wird auch dazu den Platinsalmiak und die sogenannten Platinbasen anwenden können.

Der Silberlüster ist entweder gelber Lüster oder Canthariden-lüster, letzterer vom Ansehen der Flügeldecken der spanischen Fliegen oder Canthariden. Salvétat glaubt, dass Chlorsilber, ähnlich wie das Goldpräparat obigen Flüssigkeiten einverleibt, angewendet werden könne, um einen metallisch glänzenden gelben Lüster zu erzeugen. Es ist unerlässlich, den Gegenstand nach dem Auftragen des Lüsters in einer reducirenden Atmosphäre zu brennen. Der Cantharidenlüster ist dem gelben Lüster gleich zusammengesetzt, der einzige Unterschied besteht darin, dass letzterer auf weisses, ersterer auf blaugefärbtes Geschirr aufgetragen wird. Die Ueberlagerung des blauen Grundes mit dem gelben Lüster giebt eine sehr angenehme grünliche Färbung. Applicirt man den gelben Lüster auf verschieden gefärbten Grund, so lassen sich mannigfache und reiche farbige Lüster herstellen.

Der Kupferlüster zeigt dasselbe Ansehen und das nämliche röthliche und gelbliche Farbenspiel wie der Burgoslüster. Man findet ihn häufig auf gewöhnlicher spanischer Fayence und auf gewisser Majolika aus dem Zeitalter des Georgio. Die äusserst dünne färbende Schicht ist vielleicht durch kieselsaures Kupferoxydul gebildet.

Mit dem Namen Bleioxyd- oder Bleilüster bezeichnet man jene in Regenbogenfarben spielende, glänzende Färbung, welche gewisse mit Bleiglasur überzogene Thongeschirre zeigen. Diese Geschirre wurden während des Brennens der Einwirkung von reducirenden Dämpfen ausgesetzt, welche wahrscheinlich zu gleicher Zeit auch auf das in der Masse enthaltene Eisenoxyd wirken. Setzt man zu der Bleiglasur Chlorsilber, so wird auch dieses reducirt und es entstehen prächtige Lüster von Goldgelb bis Silberweiss je nach der Menge des Silbers.

Etruskische Vasen. Die etruskischen Vasen der alten Römer schliessen sich der Fayence an, sie sind aus eisenhaltigem, mit Quarz versetztem Thone geformt, nur leicht gebrannt, bald unglasirt, bald mit einer leichtflüssigen Glasur bedeckt. Sie zeichnen sich durch die Schönheit ihrer Formen aus und scheinen mehr zur Zierde und zur Aufbewahrung trockener Gegenstände (Graburnen, Thränenkrüge, Opferschaalen, Lampen, Götterbilder) als von Flüssigkeiten gedient zu haben. Hierher gehört auch die Delftwaare, welche im 17. Jahrhundert von den Holländern geliefert wurde.

## Thönerne Pfeifen.

Thönerne Pfeifen. An die Fayencefabrikate schliessen sich die thönernen Pfeifen an, deren Fabrikation manches Eigenthümliche darbietet. Man verwendet zu ihrer Fabrikation Pfeifenthon, der eine schöne weisse Farbe haben, keine Eisentheile, keinen Sand und keinen kohlensauren Kalk enthalten und sich weissbrennen soll. Ist man genöthigt, einen sich etwas gelblich brennenden Thon zu verwenden, so erzeugt man im Ofen zu einem gewissen Zeitpunkt einen dicken Rauch, dessen Kohlenstoff das Eisenoxyd des Thones, von welchem die gelbe Farbe herrührt, zum Theil reducirt, wodurch die gelbliche Farbe zerstört wird. Um die Pfeifen zu formen, wird ein Stück Thon mit einem Brett (dem Roller) auf einem glatten Brette gerollt und dadurch in dünne Walzen (Weller oder Welger), verwandelt, welche an dem einen Ende weit dicker als an dem andern sind oder einen Klumpen haben, aus welchem der Kopf der Pfeife gebildet werden soll. Die Walzen werden hierauf getrocknet, bis sie hinlänglich geschmeidig sind, und sodann mit einem starken Draht aus Messing (Weiserdraht, *aiguille*) bis an den Kopf durchbohrt. Nachdem dies geschehen, legt ein Arbeiter (der Former oder Kastner) die Walze in eine mit Leinöl bestrichene messingene Form, welche einem Pfeifenfutterale gleicht und aus zwei Hälften besteht. Der dicke Theil der Walze kommt in den ausgehöhlten Kopf. Die beiden Hälften der Form werden fest zusammengeschraubt, wodurch der überflüssige Thon aus der Form herausgepresst und der Stiel der Pfeife rund und gleichförmig wird; darauf zieht man den Weiserdraht etwas zurück und bohrt mit Hülfe eines mit Leinöl bestrichenen Kegels, welcher genau die Grösse der Aushöhlung hat, den Kopf aus, hebt die Pfeife mittelst des Weiserdrahtes aus der Form, befreit sie mit Messern oder Haken von allen Anhängseln und beschneidet sie an der Mündung des Rohres. Alsdann glättet ein neuer Arbeiter mittelst einer Glasröhre oder eines Stückes Achat oder Feuerstein. So weit fertig gebildet, werden die Pfeifen zuerst auf Trockenbrettern getrocknet und dann gebrannt. Die Kapseln, in denen die Pfeifen gebrannt werden, haben gewöhnlich die Gestalt hohler Walzen und sind in der Mitte mit einer Lehre versehen, an welcher die Pfeifen (gewöhnlich 12 Dutzend) mit ihren aufgerichteten Stylen pyramidenförmig zusammenstossen, und werden oben mit einem Ring geschlossen. Häufig sind auch die Kapseln längliche Thonkästen, in welche die zu

brennenden Pfeifen abwechselnd mit Lagen von Pfeifenscherben gelegt werden, damit sie sich nicht werfen. Zuweilen brennt man auch die Pfeifen ohne Kapseln.

Um den Pfeifen an der Spitze die Porosität zu benehmen, in deren Folge sie an den feuchten Lippen haften, reibt man sie an der Spitze mit einer Mischung von Seife, Wachs und Leimwasser ein.

### Kühlkrüge oder Alcarrazas.

Kühlkrüge. Zu den nicht glasirten thönernen Gefässen gehören die Kühlkrüge oder Alcarrazas; sie haben eine vasenähnliche Gestalt, sind gewöhnlich $1^1/_2$ Fuss hoch und haben die Bestimmung, Flüssigkeiten, besonders Wasser, abzukühlen. Füllt man ein solches Gefäss mit Wasser, so sickert ein Theil der Flüssigkeit durch die Poren der Wände und verdunstet an der äusseren Fläche. Die zur Verdunstung nöthige Wärme wird theilweisse dem Wasser in dem Gefässe entzogen, wodurch die Temperatur desselben um mehrere Grade sinkt. Nach Sallior sollen sie eine Abkühlung von $15^0$ bewirken, in Sèvres angestellte Versuche ergaben nur eine Abkühlung von $3—5^0$. Die Porosität dieser Gefässe wird theils durch schwaches Brennen, theils durch Beimengung von Substanzen, die beim Brennen zerstört werden, theils auch durch Zusatz von Kochsalz, das nach dem Brennen ausgelaugt wird, hervorgebracht. In Frankreich stellt man diese Kühlkrüge unter dem Namen Hydrocérames dar. Im englischen Handel kommen Wein- und Butterkühler (*aegyptian wine and butter cooler*) vor, deren Masse aus blos verglühtem Thone, der sich sehr porös brennt, besteht. Die Gefässe werden vor dem Gebrauche $^1/_2$ Stunde lang unter Wasser gestellt, um sie völlig damit ansaugen zu lassen. Die Kühlkrüge sind in den warmen Ländern seit langer Zeit bekannt und sehr wahrscheinlich in Ostindien viel länger als in Aegypten, Spanien und der Türkei. Bei den Seefahrern führen sie die Namen Gargouletten (leichte Flaschen), bei den Aegyptern Kolles, bei den Spaniern Alcarrazas; in allen Theilen der Levante werden dieselben Baldaques und auf den französischen Colonien Canaris genannt. Die Kühler sind in China, Persien, Syrien, Kleinasien und Aegypten ebenso allgemein als bei den orientalischen Seefahrern in Gebrauch, und wahrscheinlich wurden sie durch die Araber nach Spanien verpflanzt. Die grosse Thonwaarenfabrik zu Kenneh in Oberägypten liefert Kühler für das ganze Land. Eines der Mitglieder der gelehrten Commission, welche die Expedition unter Bonaparte nach Aegypten begleitete, hat den zu den Kühlern verwendeten mergelartigen Thon nach Frankreich gebracht, worauf Fourmy ähnliche Gefässe herstellte. In Bengalen bereitet man Kühlgefässe aus dem Schlamme des Ganges.

### Das gemeine Töpfergeschirr.

Gemeines Töpfergeschirr. Das gemeine Töpfergeschirr hat die Bestimmung, zu Zwecken der Kochkunst und der Haushaltung, namentlich den

minder wohlhabenden Klassen zu dienen; es ist daher Wohlfeilheit die hauptsächlichste Rücksicht, die bei der Herstellung dieser Art Thonwaare zu nehmen ist. Aus diesem Umstande ergiebt sich, dass je nach den localen Verhältnissen ganz verschiedene Thonarten und zwar besonders diejenigen angewendet werden, die leicht und in der Nähe zu haben sind, daher die vorherrschende Benutzung von Töpferthon und Thonmergel, wo man nicht über bessere Thonsorten verfügen kann. Für die sogenannte Weisstöpferei, welche die Herstellung von gewöhnlichem Küchengeschirr zur Aufgabe hat, wendet man gewöhnlich den gemeinen Töpferthon an, für die Brauntöpferei, zu welcher das Bunzlauer und Waldenburger Geschirr gehört, benutzt man dagegen einen ziemlich feuerbeständigen Thon.

Die in der Natur vorkommenden Thonarten sind in der Regel zu fett, als dass sie allein und ohne Zusatz einer anderen Substanz zur Herstellung der Töpferwaare benutzt werden könnten. Man findet zwar zuweilen deren, die sich nach dem Durchtreten und Durcharbeiten im natürlichen Zustande verarbeiten lassen; diese Thone, die im Allgemeinen selten vorkommen, enthalten schon an und für sich Sand oder eine andere magere Substanz. Wo derartige Thone nicht vorkommen, ist man genöthigt, zu dem Thon Sand zu setzen, welcher den Zusammenhang der Thontheilchen unter einander verhindert. Ausser dem Sand wendet man hierzu an Feuerstein, Kreide, Charmotte und Steinkohlenasche.

Das Töpfergeschirr wird auf der Drehscheibe geformt, der gedrehte Gegenstand wird von der Scheibe entfernt, lufttrocken gemacht und dann glasirt. Die gegenwärtig übliche Bleiglasur war den Alten unbekannt.

Die Masse des gewöhnlichen Töpfergeschirres ist fast nie weiss oder gelblich, sondern meist braunroth, die Glasur nie wie Email, sondern stets durchsichtig und zwar theils zufällig, theils absichtlich gefärbt. Da die in Frage stehenden Thonwaaren theils in Folge der Leichtschmelzbarkeit ihrer Masse, theils auch zur Verminderung der Productionskosten bei schwachem Feuer gebrannt werden, so muss die Glasur entsprechend leichtflüssig sein. Eine solche Substanz ist nun die Bleiglasur, ein Thonerde-Bleiglas, welches in den meisten Gegenden Deutschlands aus Bleiglanz (Glasurerz, alquifoux) und Lehm (Thon und Sand) zusammengesetzt ist. Die Materialien werden auf einer Handmühle mit Steinen (Glasurmühle), von ähnlicher Construction wie die Getreidemühle, fein gemahlen und gemengt.

Während des Brennens wird der Bleiglanz geröstet, der Schwefel entweicht als schweflige Säure, und das durch Rösten entstandene Bleioxyd tritt mit der Kieselerde und der Thonerde des Lehmes (oder eines Gemenges von Sand und Thon) zu kieselsaurer Bleioxyd-Thonerde zusammen. Wegen des grossen Eisenoxydgehaltes des Lehmes oder Sandes ist diese Glasur stets gefärbt.

Das Glasiren der lufttrocknen Waare geschieht auf dreifache Weise,

entweder durch Eintauchen oder durch Begiessen oder durch Bestauben. Durch Eintauchen lassen sich ohne Gefahr für das Geschirr nur verglühte Gegenstände glasiren; stände auch diesem Verfahren die Nothwendigkeit des vorläufigen Verglühens im Wege, so ist es doch aus Rücksichten für die Arbeiter nicht zu empfehlen, weil dabei die Hände mit der bleihaltigen Glasur in Berührung kommen. Darum wendet man häufig die Methode des Begiessens zum Glasiren der Thongeschirre an. Soll ein Geschirr durch Bestauben glasirt werden, so taucht man es zuerst in eine Schlempe aus fettem Thon und übersiebt es dann mit dem feingemahlenen Glasursatze; dieses Verfahren ist für den Glasurarbeiter von grösstem Nachtheil, weil dabei das Einathmen von Bleitheilchen nicht umgangen werden kann. Damit das Geschirr nicht an die Unterlage anschmelze, muss die Glasur am äussern Boden der Geschirre sorgfältig entfernt werden.

Wenn das Bleioxyd im richtigen Verhältniss zur Kieselerde des Thons oder Lehms angewendet wurde, so ist das entstehende Bleiglas in den gewöhnlichen, in der Haushaltung vorkommenden organischen Säuren nicht löslich und die Bleiglasur durchaus zu empfehlen. Ist hingegen ein Theil des Bleioxydes mit der Kieselerde nicht gehörig verbunden, so kann der Fall eintreten, dass ein Theil des Bleies sich schon im heissen Essig löst. So hat Erlenmeyer bei der Untersuchung von Glasur verschiedener Arten von Thongeschirr gefunden, dass die Mengen auflöslichen Bleioxydes in der Glasur des Töpfergeschirres nicht immer so unerheblich sind, als man bisher geglaubt hat, und dass schon sehr verdünnter Essig dessen Lösung bewirkt. Die Benutzung von mit solcher Glasur versehenem Geschirr ist offenbar nicht unbedenklich. Obwohl es wünschenswerth wäre, eine wohlfeile bleifreie Bleiglasur herzustellen, welche die Vorzüge der Bleiglasur hätte, so ist doch nicht zu verkennen, dass die Nachtheile der Bleiglasur häufig zu grell geschildert worden sind. Alle Nachtheile würden vollkommen verschwinden, wenn der Töpfer seine Waare, die er unvollkommen gebrannt aus dem Ofen zieht, nicht in den Handel brächte, sondern erst nochmals brennte, oder durch zweckmässigere Construction der Brennöfen in den Stand gesetzt wäre, den ganzen Einsatz oder doch den grössten Theil desselben vollkommen zu brennen, dann endlich, wenn der Töpfer bei der Zusammensetzung der Bleiglasur rationell verführe.

Es ist in neuerer Zeit die Zinkblende ZnS als Glasurerz anstatt des Bleiglanzes in der Töpferei empfohlen worden und zwar in Mischung mit Glaubersalz und Sand.

Die beim Schmelzen dieses Satzes stattfindende Reaction ist folgende:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zinkblende | $ZnS$ | geben | Zinkoxyd | $ZnO$ |
| Glaubersalz | $3\,NaO, SO_3$ | | schweflige Säure | $4\,SO_2$ |
| | | | Natron | $3\,NaO$ |

Die schweflige Säure entweicht und das Zinkoxyd-Natron tritt mit der Kieselerde des Sandes und der Thonerde der Masse zu einem zinkhaltigen Glase zusammen.

## Die Steine aus Thon.

Steine aus Thon. Die Fabrikation der gebrannten Steine aus Thon beschäftigt sich mit der Herstellung von Backsteinen, Dachsteinen und Pflasterziegeln (Fliessen). Nicht zu verwechseln mit den Backsteinen sind die in mehreren Gegenden gebräuchlichen, nicht gebrannten, sondern

nur an der Luft getrockneten Ziegel, welche zu Mauerwerk verwendet und Lehmpatzen (Luftsteine, ägyptische Ziegel) genannt werden.

Zur bessern Uebersicht theilen wir das Kapitel, das von der Fabrikation der Backsteine handelt, in fünf Abschnitte, deren erster das zur Herstellung der Steine geeignete Material betrachtet, die übrigen vier Abschnitte handeln:

2) von der Bearbeitung des Thones,
3) von dem Streichen der Ziegel,
  α) mit der Hand,
  β) mit Hülfe von Maschinen,
4) von dem Trocknen der Ziegel,
5) von dem Brennen derselben.

Terracotta. Unter Terracottawaaren versteht man in der weitern Bedeutung des Wortes gebrannte, unglasirte Gegenstände von gelb- oder rothgebranntem Thone, demnach auch die Ziegel- und Backsteine; im engern Sinne braucht man dagegen nur den Namen Terra cotta, um zu Bildwerken und Bauornamenten (Thurmspitzen, Spitzbogenfenster, Portalverzierungen, Kreuzblumen, Rosetten etc.) bestimmte gebrannte Thongegenstände zu bezeichnen. Vor dem gehauenen Steine haben sie den Vorzug der mechanischen Vervielfältigung des künstlerischen Entwurfes durch blosse Handarbeit, und da sie hohl gefertigt werden, weit grössere Leichtigkeit voraus.

Das Ziegelmaterial. Nicht jeder Thon eignet sich zur Herstellung von Ziegeln, doch können gewisse Sorten, die an sich nicht dazu taugen, durch eine zweckmässige Zubereitung brauchbar gemacht werden. Obgleich man schon in den meisten Fällen aus der äusseren Beschaffenheit einer Thonart auf deren grössere oder geringere Anwendbarkeit zur Herstellung von Backsteinen einen Schluss ziehen kann, so ist es doch nothwendig, dass man Ziegel daraus formt und dieselben dann in einem bewährten Ziegelbrennofen brennt. Hierbei ist nicht zu übersehen, dass die Probeziegel an verschiedene Stellen des Ofens gebracht werden müssen, um das Verhalten derselben bei den verschiedenen Temperaturen des Ofens genau kennen zu lernen, da die Temperatur, bei welcher die Backsteine gebrannt werden müssen, von der Zusammensetzung des Lehms abhängig ist. Wo man die Wahl zwischen mehreren Thonarten hat, wird man natürlich stets jene wählen, welche dem Feuer am besten widersteht, die als nothwendig erscheinende Wohlfeilheit des Materials zwingt indessen die Fabrikanten von Backsteinen, häufig dasjenige Material zu wählen, das am leichtesten und am billigsten zu beschaffen ist. Es lassen sich aus sehr verschieden zusammengesetzten Thonen, namentlich was ihren Gehalt an kohlensaurem Kalk betrifft, Backsteine von der erforderlichen Beschaffenheit herstellen, vorausgesetzt, dass man beim Brennen die zweckmässigste Temperatur anwendete. Ein Ziegelthon, welcher viel kohlensauren Kalk enthält, lässt sich zwar bei einer weit niedrigern Temperatur, demnach mit geringerem

Brennstoffaufwand brennen; den so erhaltenen Steinen geht indessen die erforderliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit ab. Nicht selten kommen ferner im Thon vor: Glimmer, Feldspath, Eisenoxydhydrat, phosphorsaures Eisenoxyd, nebst vegetabilischen Ueberresten. Wenn diese Stoffe nicht in zu grosser Menge und gleichmässig vertheilt in dem Thon vorkommen, so sind sie nicht nachtheilig. Glimmer und Feldspath, sowie Eisenoxyd wirken als Flussmittel und sind daher bis zu einem gewissen Grade eher nützlich als schädlich, weil sie das Zusammensintern der Masse beim Brennen befördern. Kieselgerölle, gröbere Stücken von kohlensaurem Kalk und Gypskrystalle sind der Anwendbarkeit eines Ziegelthones sehr hinderlich; die Gerölle zersprengen den durch das Brennen hart gewordenen Backstein, da sie ihr Volumen vergrössern, während der Thon sich zusammenzieht. Kalknieren und Gypskrystalle wirken noch nachtheiliger, da diese beim Brennen ihr Volumen verkleinern, daher später durch Anziehung von Kohlensäure und Wasser an Volumen beträchtlich zunehmen und dadurch den Mauerstein sprengen. Schwefelkies macht den Thon zur Fabrikation von Backsteinen ungeeignet, da das Eisensulfuret, welches nach dem Brennen in den Steinen enthalten ist, an der Luft in Eisenvitriol übergeht, der in kurzer Zeit auswittert und dadurch den Stein mürbe macht.

In den Niederlanden, in der Themse oberhalb London, an den Mündungen des Ganges und des Nils, verwendet man den Flussschlamm, der sich in der Nähe der Mündungen in den Flüssen und namentlich an den Stellen, wo Ebbe und Fluth aufhören wirksam zu sein, absetzt und dort zur Bildung der Delta Veranlassung giebt, als Material für die Fabrikation von Backsteinen.

Das Streichen der Ziegel.

Das Streichen der Ziegel (Backsteine) mit der Hand ist eine sehr einfache Arbeit. Man wendet hierzu Formen von Holz oder von Gusseisen an, welche aber wegen des Schwindens der Backsteine beim Trocknen und Brennen grösser sein müssen als die herzustellenden Steine.

Das Formen der Ziegel mit Hülfe von Maschinen hat, wenn es von Vortheil sein soll, mehr und billigere Arbeit zu leisten, als durch Handarbeit geleistet werden kann.

Alle seit einem halben Jahrhundert construirten Ziegelstreichmaschinen lassen sich auf folgende vier Arten von Maschinen zurückführen:

1) auf Maschinen, welche das Streichen der Ziegel mit der Hand nachahmen;

2) auf Maschinen, die das Formen durch eine ununterbrochene Kreisbewegung ausführen;

3) auf Maschinen, welche mit einer Form zum Ausstechen der Backsteine aus einem Thonkuchen versehen sind;

4) auf Maschinen, welche ein fortlaufendes Band aus Thon von

einer Breite, die der Länge der Ziegelsteine entspricht, bilden und dieses Band mit Hülfe eines Messers oder eines Fadens in einzelne Steine zerschneiden.

Pressziegel. P r e s s z i e g e l sind durch Pressen mittelst eines fast trockenen Thones hergestellt, dessen natürliche Feuchtigkeit mehr als hinreichend ist, um durch den starken Druck, welchem der Thon unterworfen wird, den erforderlichen Zusammenhang zu erzielen. Es werden dadurch weit dichtere Steine erzeugt, die man, weil sie mehr Festigkeit besitzen, weit dünner streichen kann als die gewöhnlichen Ziegelsteine.

Das Brennen der Ziegel. D a s B r e n n e n d e r Z i e g e l geht entweder in besonders dazu construirten Oefen (Brennöfen) oder in F e l d ö f e n oder M e i l e r n (Feldbrennerei) vor sich. Die bei uns üblichen Brennöfen sind entweder oben offen oder mit einem Gewölbe geschlossen, sie sind bald stehende, bald liegende Flammenöfen, sie sind theils auf Holz-, theils auf Torf- und Steinkohlenfeuerung eingerichtet.

Im Gegensatze zu den ständigen Ziegelhütten unterscheidet man die F e l d z i e g e l e i e n, die besonders in Gegenden am Platze sind, wo in Folge der Entfernung von Ziegeleien die Herbeischaffung von Ziegeln grossen Kostenaufwand verursachen würde, vorausgesetzt, dass in geringer Entfernung von dem Ort, wo die Bauten ausgeführt werden sollen, sich ein passender Ziegelthon findet. Die durch den Feldbrand hergestellten Ziegel heissen F e l d z i e g e l oder F e l d s t e i n e. Das Verfahren beim Feldbrennen ist verschieden, je nachdem man mit Torf, Holz oder Steinkohle feuert. Benutzt man Torf oder Holz als Brennmaterial, so formt man aus den zu backenden Steinen in derselben Weise, wie sie in einen Ofen eingesetzt werden würden, einen Haufen oder Meiler, bringt auch mehrere Feuerkanäle darin an und bekleidet den bis zu 50,000 Steine fassenden Meiler mit einer dünnen Lage Lehm und noch von der Windseite mit beweglichen Strohhorden. Das Einschüren geschieht hier in den Heizkanälen, die Feuergase gehen durch die Ziegelmasse hindurch und finden endlich in der Decke ihren Ausweg. Es ist bei diesem Verfahren unvermeidlich, dass die Temperatur in den inneren Theilen des Meilers weit höher steigt, als in den der Lehmschicht zunächst liegenden Theilen. Soll dagegen Steinkohle als Brennmaterial dienen, so legt man die Heizkanäle enger als bei Torffeuerung an, da sie nur zur Entzündung der Steinkohle dienen sollen, und füllt sie mit Steinkohle. Auf jede Schicht der eingesetzten Backsteine kommt eine Lage zerkleinerte Steinkohle, darauf die nächste Steinschicht, dann wieder Steinkohle u. s. f.; der Meiler wird auch hier mit einer Schicht Lehm bedeckt, in welcher man einige Luftlöcher anbringt, um das Brennen reguliren zu können. Die in den Feuerkanälen befindlichen Steinkohlen werden angezündet, von wo aus das Feuer sich nach und nach über den ganzen Meiler erstreckt. Die sich entwickelnde Hitze ist hinreichend, um die Backsteine in allen Theilen des Ofens gar zu brennen. Während des Verbrennens der Stein-

kohlenlagen sinkt der Meiler zusammen, was jedoch bei der geringen Dicke dieser Lagen von keinem Nachtheil ist.

Die holländischen Klinker.

Die holländischen Klinker oder Klinkerte sind sehr scharf, bis zur halben Verglasung gebrannte Backsteine, die sich von den gewöhnlichen durch glasigen Bruch, grünliche oder dunkelbraune Farbe und die Eigenschaft, kein Wasser zu absorbiren, unterscheiden.

Dachziegel und Fliessen.

Zur Fabrikation der D a c h z i e g e l bedarf man eines besseren und sorgfältiger zubereiteten Thones als zur Herstellung der Mauerziegel. Während man bei den letzteren das Material durch blosses Treten vorbereitet, wendet man bei den Dachziegeln gewöhnlich die Thonmühle an. In Bezug auf das Streichen der Masse ist kaum etwas zu erwähnen. In der Regel brennt man sie gleichzeitig mit den Mauersteinen, wobei erstere den obern Theil des Ofens einnehmen müssen, da sie ihrer geringeren Dicke wegen zum Backen keiner so hohen Temperatur bedürfen als die Backsteine.

Will man den Ziegeln eine ins Graue gehende Farbe ertheilen, so feuert man, wenn der Brennofen in der grössten Glut steht und man glaubt, dass er in einigen Stunden ausgenommen werden muss, Erlenzweige mit ihrem Laub, so grün und feucht, wie sie vom Baume kommen, ein, und hört mit dem Torffeuer auf; zugleich werden die Schürlöcher geschlossen. Der entstehende Rauch bildet in der porösen Ziegelmasse einen Absatz von Kohle, was die Ursache der Graufärbung ist; vielleicht wird auch das in der Masse enthaltene Eisenoxyd zu schwarzem Oxyd-Oxydul reducirt.

Die Fabrikation der F l i e s s e n (Pflasterziegel oder Plattziegel) stimmt im Wesentlichen mit der der Dachziegel überein; man giebt ihnen durch Dämpfen mit grünem Erlenholz häufig einen angenehmen grauen Thon; die Fliessen sind von viereckiger oder sechseckiger Gestalt und zum Auspflastern der Fussböden in Küchen, Vorplätzen, Kellern u. s. w. bestimmt.

Von den Dachziegeln sind folgende Sorten gebräuchlich:

a) die B i b e r s c h w ä n z e, platte, auf der einen schmalen platten Seite mit einer Nase versehene Dachziegel, die mit Hülfe der Nasen nebeneinander auf die Latten aufgehängt werden und auf diese Weise die platte Fläche des Daches bilden. Man theilt sie in ganze oder halbe, je nachdem sie die volle gewöhnliche Breite oder die Hälfte derselben haben.

b) die B l e n d s t e i n e unterscheiden sich von den Biberschwänzen dadurch, dass sie keine Nase haben, mittelst welcher sie aufgetragen werden können, sondern mit Löchern zum Aufnageln versehen sind;

c) die K a f f- oder K a p p z i e g e l, welche die Stelle der sogenannten Kappfenster vertreten und Licht und Luft auf den Boden des Hauses leiten sollen, sind von den Biberschwänzen dadurch unterschieden, dass sie bei gleicher Länge dreimal so breit sind und in der Mitte eine Ausbauchung mit einer Oeffnung besitzen;

d) die gegenwärtig nicht mehr gangbaren P a s s z i e g e l (Pfannenziegel oder Schlussziegel) besitzen die Gestalt eines liegenden ∽; der abwärts gehende Theil eines solchen Ziegels greift immer in den aufwärts stehenden des folgenden. Ein mit solchen Ziegeln bedecktes Dach schliesst zwar vollständig, beschwert aber auch das Gebäude zu sehr;

e) die Hohlziegel, von der Gestalt eines halben hohlen abgekürzten Kegels oder eines halben hohlen Cylinders, werden in Forstziegel und in Kehlziegel unterschieden. Sonst wurden erstere zur Bedeckung ganzer Dächer gebraucht, gegenwärtig benutzt man sie nur noch zum Eindecken der Forsten oder Firste.

Hohlziegel. Die Anwendung von hohlen Ziegeln zur Ausführung von Mauerwerken ist nichts Neues. Die sogenannten Topfgewölbe sind in der That weiter nichts als Mauerwerk aus hohlen Steinen, um das Gewicht des auszuführenden Mauerkörpers geringer zu machen und dadurch den Druck auf die Theile des Bauwerkes, welche ihn zu tragen haben, zu vermindern. Die Töpfe sind 7—8 Zoll hoch, 3—4 Zoll im Durchmesser, in der Mitte hohl und hartgebrannt. Durch die Einführung der Drainpressen hat man nun Gelegenheit, die Topfform zu verlassen und Ziegelsteine zu fabriciren, welche mit den Vortheilen des gewöhnlichen Formates die Vorzüge der Töpfe vereinigen. Es werden auf Drainpressen durch geeignete Formen Steine hergestellt, welche die viereckige Gestalt und Grösse unserer gewöhnlichen Mauersteine haben und ihrer Länge nach von Oeffnungen durchlaufen werden. Für einzelne Anwendungen fabricirt man Steine, bei denen die Oeffnungen die Steine nicht nach der Länge, sondern nach der Quere durchlaufen.

Derartige Hohlziegel zeigen mit gewöhnlichen Backsteinen verglichen, manche Vortheile, deren hauptsächlichste folgende sind:

1) man braucht zu ihrer Fabrikation nur etwa die Hälfte des Materials;

2) sie lassen sich viel rascher fabriciren, da sie mit Hülfe der Presse dargestellt werden;

3) sie trocknen schneller und gleichförmiger, weil das Austrocknen auch von Innen geschieht;

4) sie erfordern zum Backen eine weit niedrigere Temperatur, so dass man die Hälfte des Brennmaterials erspart;

5) der Transport der Steine wird natürlich ein billigerer; die Mauern trocknen leichter und schneller aus.

Leichte oder schwimmende Ziegelsteine. Die sogenannten leichten Ziegelsteine, welche auf dem Wasser schwimmen, waren schon den Alten bekannt. Posidonius und nach ihm Strabo sprechen von einer in Spanien vorkommenden thonartigen Erde, die man als Polirmittel des Silbers brauche und aus welcher man dort Bausteine forme, die auf dem Wasser schwimmen. Aehnliches geschehe auf einer Insel des tyrrhenischen Meeres und auf mehreren Punkten in Asien. Vitruvius Pollio hat sich über diese Steine als ein wegen seiner Leichtigkeit zum Bauen ganz besonders sich eignendes Material geäussert und auch Plinius hat Steine aus dieser bimssteinähnlichen, aber plastischen Masse als einen Gegenstand von grosser Wichtigkeit erwähnt. Diese Thatsachen blieben Jahrtausende lang fast ganz unbeachtet, weil das Material sich nur spärlich und vereinzelt fand, bis im Jahre 1791 der Italiener Giovane Fabroni aus einer als Bergmehl bezeichneten Kieselerde, die sich bei Santafiora in Toscana findet, schwimmende Ziegelsteine herzustellen lehrte, welche sich gut mit Mörtel verbanden und der Erweichung durch Wasser vollständig widerstanden; diese Steine leiteten die Wärme so gering, dass man ein Ende derselben in der Hand halten konnte, während das andere rothglühend war. Fabroni machte auf einem alten Fahrzeug das Experiment, eine viereckige Kammer aus solchen Steinen zu wölben und mit Schiesspulver auszufüllen. Das mit Holz bedeckte Schiff brannte vollständig ab, und als der Boden der Pulverkammer weggebrannt war,

versank es ohne Entzündung des Pulvers. Zu derselben Zeit entdeckte auch Faujas bei Coiron in Frankreich eine Art Bergmehl, die in ihren Eigenschaften mit dem aus Toscana völlig übereinstimmte, aber erst im Jahre 1832 durch die Bemühungen des Grafen de Nantes und des Bergwerkdirectors Fournet in Lyon Anwendung fand. Letzterer hob die Wichtigkeit dieser Steine für die Marine hervor. Die Pulverkammer, die Küche, die Herde der Dampfmaschinen, die Orte, wo Spirituosen aufbewahrt werden, lassen sich dadurch sicher machen. Ebenso wichtig sind diese Steine für die Gewölbe der Schmelzöfen und überhaupt für alle Oefen, in welchen bedeutende Hitze erzeugt wird, da diese Steine nicht schmelzen und sich nur wenig zusammenziehen. Früher hielt man das zur Fabrikation der schwimmenden Ziegelsteine geeignete Bergmehl allgemein für eine unorganische Substanz und sein Auffinden für einen zufälligen Umstand, weshalb denn seine technische Benutzung sich wenig verbreiten konnte. Ehrenberg hat jedoch 1842 nachgewiesen, dass diese Erdarten ihre Eigenthümlichkeiten dem Umstande verdanken, dass sie Zusammenhäufungen von Kieselpanzern von Infusorien sind und sich auch in Deutschland ziemlich häufig finden. Während ein gewöhnlicher Ziegelstein 2,70 Kilogr. wiegt, ist das Gewicht eines aus Berliner Infusorienthon dargestellten gleichgrossen Steines nur 0,45 Kilogr. Mit Wachs überzogene Stücke schwimmen wie Kork auf dem Wasser. Das stärkste Porcellanofenfeuer schmilzt sie nicht und verkürzt sie wenig. Durch Zusatz von etwas Thon oder Lehm wird die Festigkeit den gewöhnlichen Mauersteinen gleich.

Feuerfeste Steine.

Die feuerfesten Steine oder Charmottesteine werden anstatt der gewöhnlichen Backsteine zur Construction aller solchen Feueranlagen angewendet, wo diese schmelzen würden. Man stellt dieselben aus einem feuerbeständigen, an Kiesel- und Thonerde reichen, aber an Kalk, Eisenoxydul, und Alkalien armen Thone her. Um dessen Strengflüssigkeit zu steigern und das Schwinden und Rissigwerden beim Brennen zu verhindern, mischt man den Thon mit schon gebranntem Thon (Charmotte), Sand, Kohle, Koks u. s. w.

Bei der Fabrikation feuerfester Steine ist zu berücksichtigen, dass es hauptsächlich zweierlei Dinge sind, welche auf Erweichung und Schmelzung eines dem Feuer ausgesetzten feuerfesten Steines hinwirken: ein hoher Hitzgrad an sich, dann ein gleichzeitiger Angriff von Agentien, die wie Flugasche, alkalische Dämpfe, schmelzende Alkalien und Metalloxyde als Flussmittel wirken. Daraus folgen für die Darstellung zweierlei Gesichtspunkte, im letztern Falle dürfen nur feuerfeste Thone Bestandtheile sein, im erstern Falle sind kieselige Zusätze zulässig.

Man fertigt aus der Masse für feuerfeste Steine nicht nur Steine, sondern auch Futter für Oefen in Kreissegmenten, Platten, Röhren, Kapseln für Porcellan und Steingut, Muffeln für das Einbrennen von Porcellanfarben, Beschläge in Fabriköfen u. s. w.

Thonröhren.

Die Thonröhren dienen theils als Wasserleitungsröhren, theils zur Anlage unterirdischer Wasserabzüge auf nassen Grundstücken (die sogenannten Drains, drains, *under-drains*). Die in letzter Hinsicht angewendeten Röhren heissen Drainröhren (tuyaux de drainage, *drain-tiles*).

Gewöhnlicher Ziegelthon lässt sich zur Fabrikation der Drainröhren

verwenden, doch muss er besonders sorgfältig zubereitet werden. Man muss den Thon schon vor Winter auswerfen, gut durcharbeiten und von allen Klumpen, Steinen und andern fremden Stoffen befreien. Bei gutem Thon genügt ein mit Schlämmen verbundenes tüchtiges Durchkneten mit Händen und Füssen; in neuerer Zeit und namentlich beim grossen Betriebe wendet man hiezu jedoch häufiger die Thonschneidemaschine an. Einfacher und wohlfeiler als die Maschine ist das Clayton'sche Sieb, eine mit runden Löchern versehene eiserne Platte, die in jeder Drainröhrenmaschine angebracht werden kann. Ehe man zur Fabrikation der Röhren selbst schreitet, lässt man den Thon mit Hülfe der Maschine durch das Clayton'sche Sieb gehen. Die Herstellung der Röhren geschieht auf den Drainröhrenpressen, deren Construction leicht zu verstehen ist. Wird Thonbrei aus einem damit gefüllten Behälter, mittelst eines Stempels, durch eine kreisrunde Oeffnung herausgepresst, in deren Mittelpunkt concentrisch ein etwa kleinerer Pfropf feststehend angebracht ist, so erhält, dem ringförmigen Durchgangsraume entsprechend, der hervortretende Thonkörper die Gestalt einer Röhre. Die Bewegung des Stempels wird durch eine Schraube, durch Räderwerk und Zahnstange, durch eine hydraulische Presse oder durch Dampfdruck zuwegegebracht. Das Austreten der Thonröhren findet entweder in horizontaler oder in verticaler Richtung (von oben nach unten) statt. Letztere erfordert natürlich eine durch ihre Höhe unbequeme Bauart der Maschine, eignet sich aber besser für Thonröhren von grösserer Dimension, weil das weiche Rohr in horizontaler Lage durch sein eignes Gewicht sich plattdrückt.

Unter den vielen Constructionen von Drainröhrenpressen sind die von Clayton, Williams, Whitehead und Ainslie die verbreitetsten.

Schmelztiegel. Unter den Schmelztiegeln sind die bekanntesten die hessischen, die Graphittiegel und die englischen. Die hessischen oder Almeroder Tiegel werden aus 1 Th. Thon (von 71 Th. Kieselerde, 25 Th. Thonerde und 4 Th. Eisenoxyd) und $^1/_3$—$^1/_2$ des Gewichtes Quarzsand angefertigt. Sie sind feuerfest, vertragen ohne zu bersten schnellen Temperaturwechsel und sind zuweilen bei chemischen Operationen anwendbar; zu manchen aber sind sie zu porös und ihr Korn zu grob. Wegen ihres grossen Kieselgehaltes werden dieselben auch von Alkalien, Bleioxyd und dergl. durchlöchert. Auch eignen sie sich wegen ihres groben Kornes nicht zu Operationen, so wie z. B. bei dem Schmelzen edler Metalle die Producte sorgfältig gesammelt werden müssen. Die Graphittiegel, Ipser oder Passauer Tiegel werden aus 1 Th. feuerbeständigem Thone von Schildorf bei Passau und 3—4 Th. natürlichem Graphit (einem Gemenge von Thon und Graphit) angefertigt; sie vertragen den grössten Temperaturwechsel und schwinden höchst selten. Die englischen Tiegel werden in Stourbridge aus 2 Th. Thon und 1 Th. Koks angefertigt. Tiegel, welche in ihrer Masse Kohle enthalten, wirken reducirend auf die darin zu behandelnden Oxyde, sie werden daher vor-

zugsweise zu Metallschmelzungen angewendet. Beiläufig seien hier erwähnt die Kohlentiegel, welche aus Holz, das beim Verkohlen sich nur wenig zusammenzieht, angefertigt werden; sie sind jetzt nur noch selten im Gebrauch und durch innen mit Kohle ausgefütterte Thontiegel (Creusets brasqués) ersetzt worden.

## II. Die chemische Metallurgie.

---

### Allgemeines.

Begriff des Wortes Metallurgie.

Die Metallurgie im engeren Sinne des Wortes umfasst die Lehre von den Processen, durch welche die Metalle und gewisse Verbindungen derselben im Grossen (in Hüttenwerken) dargestellt werden. Die Metalle, mit deren Ausbringung sich die Metallurgie beschäftigt, sind nicht sehr zahlreich; die wichtigsten derselben sind: 1) Eisen, 2) Kobalt, 3) Nickel, 4) Kupfer, 5) Blei, 6) Chrom, 7) Zinn, 8) Wismuth, 9) Zink, 10) Antimon, 11) Arsenik, 12) Quecksilber, 13) Platin, 14) Silber, 15) Gold. Mit Ausnahme des Chroms und des Kobalts werden sämmtliche Metalle in den Hüttenwerken fast nur metallisch dargestellt. Von dem Nickel, Antimon und Arsenik stellt man ausserdem Verbindungen dar. An die genannten Metalle schliesst sich an 16) das Aluminium.

Die Metallurgie führt als Theil der Technologie die Hüttenprocesse, nach denen die Ausbringung der Metalle erfolgt, auf physikalische und chemische Principien zurück. Die metallurgische Hüttenkunde macht es sich dagegen zur Aufgabe, die auf genannten Grundsätzen ruhenden Operationen näher zu beschreiben.

Erze.

Nur wenige Metalle finden sich gediegen, die meisten kommen in chemischen Verbindungen, im Mineralreiche, in den Erzen vor, worunter man gewöhnlich ein Gemenge einer oder mehrerer jener natürlichen Verbindungen mit dem begleitenden Gestein versteht. Die Erze sind das Material, das von dem Hüttenmann zugute gemacht wird. Diejenigen Stoffe, mit denen das Metall am häufigsten in den Erzen verbunden vorkommt, sind der Sauerstoff und der Schwefel.

In den Erzen kommen die Metalle in folgenden Zuständen vor:

1) Gediegen, z. B. Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer und Wismuth;

2) Mit Schwefel, Antimon oder Arsenik verbunden, und zwar

a) als einfache Erze, z. B. Zinnober $Hg\,S$, Bleiglanz $Pb\,S$, Speiskobalt $Co\,As_2$;

b) als Doppelerze, z. B. Buntkupfererz $Fe_2\,S_3$, $3\,Cu_2\,S$, Kupferkies $Fe_2\,S_3$, $Cu_2\,S$, Rothgiltigerz $Sb\,S_3$, $3\,Ag\,S$;

3) Mit Sauerstoff verbunden, als

a) basische Oxyde, z. B. Eisenglanz $Fe_2\,O_3$, Zinnstein $Sn\,O_2$, Rothkupfererz $Cu_2\,O$;

b) Oxydhydrate, z. B. Brauneisenstein $2\,Fe_2\,O_3$, $3\,HO$;

c) Sauerstoffsalze, z. B. Kupferlasur $3\,CuO$, $2\,CO_2 + HO$;

4) Mit Schwefel und Sauerstoff verbunden, z. B. Rothspiessglanzerz $2\,Sb\,S_3 + Sb\,O_3$;

5) Mit Salzbildern verbunden, z. B. Hornsilber $Ag\,Cl$;

6) In Verbindung mit Salzbildern und Sauerstoff, z. B. Bleihornerz $PbO$, $CO_2 + Pb\,Cl$, Atakamit $3\,CuO$, $HO$, $Cu\,Cl$.

Aufbereitung. Die Erze sind theils mit Erzen anderer Metalle vermengt, theils durch die Gebirgsart verunreinigt, in welcher die Lagerstätte des Erzes sich befindet. Daher bedürfen die Erze meist einer Zertheilung und Scheidung von den fremden Erzen und den beigemengten erdigen Massen (Gangart, taubes Gestein). Die dies bezweckende Arbeit heisst die Aufbereitung. Schon an der Grube beginnt die Scheidung, indem man alles taube Gestein bei Seite wirft. Man sortirt die Erze gewöhnlich in drei Haufen; der erste Haufen (Stuferze) ist so reichhaltig, dass er direct in der Hütte verschmolzen werden kann; der zweite Haufen enthält ärmeres Erz (Mittelerz), welches, ehe es zugutegemacht werden kann, aufbereitet werden muss; der dritte Haufen besteht zum grössten Theile aus Gangart, so dass die geringe Quantität des darin enthaltenen Erzes die Ausbringungskosten nicht deckt. Die Aufbereitung der Erze geschieht entweder nur durch Menschenhände (trockene Aufbereitung), oder durch Maschinenkraft (künstliche oder nasse Aufbereitung). Der letzteren geht die erstere stets voran; die nasse Aufbereitung soll nur vollenden, was durch die Aufbereitung auf trocknem Wege nicht mehr ausgeführt werden konnte.

Vorbereitung. Durch die Operation der Aufbereitung erlangen die Erze jene Reichhaltigkeit, welche zu der Verarbeitung derselben in den Hütten erforderlich ist. Ehe man den Schmelzprocess einleitet, ist in vielen Fällen eine Vorbereitung der Erze nothwendig, die entweder in Verwittern und Abliegen der Erze an der Luft besteht, oder in einer Erhitzung ohne Luftzutritt, dem Brennen, oder mit Luftzutritt, dem Rösten. Durch das Verwittern und Abliegen an der Luft bezweckt man eine mechanische Absonderung des Lettens und Schieferthones von den Erznieren, wie es hauptsächlich bei den Eisenerzen und bei dem Galmei vorkommt, auch zuweilen eine Oxydation der Eisenerze und des beigemengten Schwefelkieses zu Eisenvitriol, der dann durch den Regen fortgewaschen wird. Das Brennen, Calciniren oder Mürbebrennen soll gewisse Erze, wie Eisensteine, Galmei, Kupferschiefer etc., auflockern dadurch, dass flüchtige Stoffe, wie Wasser, Kohlensäure, bituminöse Substan-

zen, ausgetrieben werden, oder allein durch die ausdehnende Kraft der Wärme. Durch das Rösten bewirkt man eine ähnliche, aber durchgreifendere Wirkung; man erhitzt dabei die Erze bis zu einer Temperatur, bei welcher noch keine Schmelzung stattfindet, wohl aber chemische Einwirkung der Luft und Wärme, zuweilen auch fester Zuschläge wie Kochsalz auf das zu röstende Erz stattfinden kann.

Man will durch das Rösten bezwecken:

1) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Oxydation; dieser Röstmethode werden gewöhnlich Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen unterworfen, wobei schweflige Säure, arsenige Säure und Antimonoxyd sich verflüchtigen, während entweder Metall hervortritt, wie beim Rösten von Zinnober, oder sich die Metalle in Oxyde oder in schwefelsaure Salze umwandeln. Die verflüchtigten Substanzen lassen sich zum Theil auffangen und nutzbar machen, so die schweflige Säure zur Darstellung von englischer Schwefelsäure, die arsenige Säure etc.;

2) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Reduction; sie kommt seltener und hauptsächlich bei schwefelsauren und arseniksauren Metalloxyden durch Erhitzen derselben mit Kalk vor, wobei der Schwefel als schweflige Säure, das Arsenik als solches entweicht;

3) eine Verflüchtigung durch Ueberführung in Chlormetalle, wenn bei der Röstung des Erzes mit Kochsalz bei Zutritt der Luft sich zum Theil flüchtige Chlorverbindungen erzeugen, wie es bei der Silbergewinnung durch Amalgamation und nach der Methode von Augustin der Fall ist.

Zugutemachen. Auf die Vorbereitung folgt das Zugutemachen der Erze, wobei in der Regel der Schmelzprocess Anwendung findet, durch welchen man die Ausbringung des Metalles oder einer Verbindung desselben beabsichtigt. Diejenigen chemischen Operationen im Grossen, welche mit der Ausbringung eines Metalles oder einer Verbindung desselben endigen, nennt man Hüttenprocesse.

Nur selten macht man einzelne Erzsorten für sich allein zugute, in den meisten Fällen mischt man ärmere und reichere Erze derselben Art, um die Erzmasse auf einen gewissen mittleren Gehalt zu bringen. Diese Mengungsarbeit nennt man das Gattiren (Maschen, Mischen). Man bezweckt dabei auch die verschiedenen Gangarten, welche die Erze begleiten, in der Weise zu mengen, dass sie beim darauf folgenden Schmelzen zur Bildung einer Schlacke von erforderlicher Beschaffenheit beitragen. Wo durch das Gattiren der Erze eine solche Beschaffenheit nicht herzustellen ist, setzt man gewisse Substanzen hinzu, die man je nach ihrer Wirkung Zuschläge oder Flüsse nennt. Zuschläge veranlassen die Abscheidung eines nutzbaren Bestandtheils aus einem Erze oder aus einem Hüttenproducte und dienen zu dessen Ansammlung. Die Zuschläge sind Röstzuschläge, wie Kohle, gebrannter Kalk, Kochsalz, Schmelzzuschläge, wie Quarz und gewisse Silicate (Hornblende, Feldspath, Augit, Grünstein, Chlorit, Schlacken), Kalkmineralien, wie Kalkstein, Flussspath, Gyps, Schwerspath, Thonmineralien, wie Thonschiefer, Lehm u. s. w., salzige Zuschläge, wie Potasche, Borax, Glaubersalz, Salpeter,

metallische Zuschläge, wie Eisen (bei der Zerlegung von Zinnober und Bleiglanz), Zink (zur Extraction des Silbers aus Werkblei), Arsenik (zur Anreicherung des Nickel- und Kobaltgehaltes in Speisen), Eisenhammerschlag, Rotheisenstein und Braunstein (beim Frischen des Roheisens); salzige Zuschläge, zu welchen vorzüglich die eisenoxydulreichen Frischschlacken gehören, welche entweder durch ihren Sauerstoffgehalt (beim Eisenfrischen) oder durch ihren Eisengehalt als Niederschlagsmittel (zum Niederschlagen des Bleies aus dem Bleiglanz) wirken.

Die Flüsse befördern nur die Abscheidung des Metalles, indem das Erz leicht flüssiger gemacht wird und die ausgebrachten Metalltheilchen sich leichter vereinigen können. Man kann die Flüsse in drei Abtheilungen bringen, nämlich 1) in solche, die auf das Schmelzgemenge nicht wesentlich chemisch einwirken, sondern nur Leichtflüssigkeit und Verdünnung bewirken; hierher gehören Flussspath, Borax, Kochsalz, verschiedene Schlackensorten, 2) in solche, welche ausserdem auch reducirend wirken, wie ein Gemenge von Weinstein und Salpeter (schwarzer Fluss), 3) in diejenigen, deren Wirkung endlich auch noch in einer absorbirenden, entweder von Säuren oder von Basen besteht; letztere Abtheilung schliesst sich an die Zuschläge an.

Beschicken. Das Vermengen der Erze mit Zuschlägen und Flüssen wird das Beschicken (Möllern, Auflaufen) genannt.

Hüttenproducte. Durch die Hüttenprocesse werden die Hüttenproducte erzeugt, welche sind 1) durch den Schmelzprocess fallende Metalle — Educte —. Der relative Grad ihrer Reinheit wird bei edlen Metallen mit fein (Feinsilber, Feingold), bei unedlen Metallen mit gar oder roh (Garkupfer, Roheisen) bezeichnet. Ein höherer Grad von Reinheit wird durch das Wort raffinirt ausgedrückt. 2) Solche Hüttenproducte, welche in den Erzen nicht fertig gebildet enthalten sind, sondern erst während des Zugutemachens in der Weise sich bilden, dass mehrere Bestandtheile der Erze und der Beschickung sich vereinigen, nennt man Hüttenfabrikate; sie sind meist schon Handelswaare; es gehört hierher das antimon- und arsenikhaltige Hartblei, der Stahl, die arsenige Säure, Operment und Realgar, das Schwefelantimon etc. Bei der Erzeugung der Educte bilden sich vielfache Nebenproducte, die, wenn sie noch so viel von dem auszubringenden Metalle enthalten, dass die weitere Verarbeitung möglich wird, 3) Zwischenproducte, im entgegengesetzten Falle, in welchem sie als nicht schmelzwürdig aus der Hütte entfernt werden, 4) Abfälle heissen. Die Zwischenproducte sind Legirungen (Tellersilber aus Silber, Kupfer und Blei bestehend; Werkblei, Blei mit etwas Silber, Kupfer; Schwarzkupfer, Kupfer mit Eisen, Blei etc.), Schwefelmetalle (Steine, Leche), Arsenikmetalle (Speisen, so z. B. die Kobaltspeise der Blaufarbenwerke), Kohlenmetalle (z. B. Roheisen und Stahl), Oxyde (z. B. Bleiglätte).

Schlacken. Die hauptsächlichsten Hüttenabfälle sind die Schlacken,

jene glas- oder emailähnlichen Massen, deren wichtigste die Silicatschlacken, d. h. Verbindungen der Kieselsäure mit Erden und Metalloxyden sind. Ihre Beschaffenheit ist von ihrem Gehalte an Kieselsäure abhängig; in Bezug darauf theilt man sie in Sub-, Singulo-, Bi- und Trisilicate, welche folgende chemische Formeln haben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Subsilicat | $SiO_3$, 6 RO | oder | $SiO_3$, 2 $R_2O_3$. |
| Singulosilicat | $SiO_3$, 3 RO | „ | $SiO_3$, $R_2O_3$. |
| Bisilicat | 2 $SiO_3$, 3 RO | „ | 2 $SiO_3$, $R_2O_3$. |
| Trisilicat | $SiO_3$, RO | „ | 3 $SiO_3$, $R_2O_3$. |

Die Schlacken sind entweder glasig oder krystallinisch. Aus den krystallinischen Schlacken scheiden sich oft krystallinische Partien von Silicaten aus, welche völlig mit gewissen Mineralien übereinstimmen, so z. B. Augit, Wollastonit, Glimmer, Idokras, Chrysolith, Feldspath u. s. w. Die Gemenge der Singulosilicate geben im Allgemeinen dünnflüssige (frische oder basische), schnell erstarrende Schlacken, die Bi- und Trisilicate dagegen zähflüssige (saigere oder saure) und nur langsam fest werdende.

## Das Eisen.

Das Eisen. Vorkommen desselben.

Das Eisen ist das wichtigste und nützlichste aller Metalle, da sein Gebrauch mit allen Zweigen der Technik und fast allen Bedürfnissen des Lebens auf das Innigste verwebt ist. Die ausserordentliche Anwendung verdankt das Eisen hauptsächlich der Leichtigkeit, mit der es in Folge eigenthümlicher Modificationen bei seiner Darstellung und Verarbeitung, unter gänzlich verändertem Charakter, mit neuen und immer nutzbaren Eigenschaften auftritt.

Nur selten kommt es gediegen in den Meteorsteinen vor, meist findet es sich oxydirt oder mit Schwefel verbunden, oder auch in Gestalt kohlensaurer oder kieselsaurer Salze in der Natur. Nur die Sauerstoffverbindungen können zur Darstellung des Eisens im Grossen angewendet werden.

Die wichtigsten Eisenerze sind folgende:

1) Der Magneteisenstein ($Fe_2O_3 + FeO = Fe_3O_4$) ist das reichste Eisenerz (es enthält gegen 72 pCt. Eisen), und findet sich allgemein verbreitet, besonders aber in Schweden, vor. Aus diesem Eisenerz stellt man das berühmte schwedische Eisen z. B. das von Dannemora dar. Nicht selten wird es von Schwefelkies, Bleiglanz, Kupferkies, Apatit u. a. Mineralien begleitet, wodurch seine Brauchbarkeit als Eisenerz beeinträchtigt wird.

2) Der Rotheisenstein oder der Eisenglanz ($Fe_2O_3$) enthält 69 pCt. Eisen. Der Rotheisenstein findet sich in Gängen und Lagern im älteren Gebirge, so wie eingesprengt in Gneuss, Granit u. s. w.; er

kommt ferner im Uebergangsgebirge vor und heisst nach seinen physikalischen Eigenschaften Glaskopf (Blutstein), Eisenrahm, Eisenocker. Mit Kieselerde gemengt heisst der Rotheisenstein Kieseleisenstein, mit Thon gemengt Thoneisenstein. Der Eisenglanz ist krystallisirtes Eisenoxyd, dessen bedeutendste Lagerstätte sich auf der Insel Elba findet. Der Rotheisenstein dient in seinen Varietäten als hauptsächlichstes Material der Eisengewinnung bei Altenberg und Freiberg in Sachsen, auf dem Harz, im Herzogthum Nassau.

3) Der Spatheisenstein (Eisenspath, Stahlstein) ($FeO$, $CO_2$) (mit 48,3 pCt. Eisen) ist der Hauptbestandtheil der metallführenden Formation; er enthält fast immer grössere oder geringere Mengen von kohlensaurem Manganoxydul. Das kugelige, nierenförmige kohlensaure Eisenoxydul heisst Sphärosiderit. Man wendet dieses Erz in Sachsen häufig zur Eisengewinnung an. In Steiermark und in Siegen dient es zur Fabrikation des Rohstahls.

4) Aus dem Spatheisenstein entsteht durch die Einwirkung von Luft und von kohlensäurehaltigem Wasser als secundäres Product der Brauneisenstein ($Fe_2O_3 + HO$), welcher je nach seinen physikalischen Eigenschaften die Namen Lepidokrokit, Nadeleisenerz, Rubinglimmer (Pyrosiderit) und Stilpnosiderit führt. Dieses Eisenerz enthält häufig kohlensaure Kalkerde, Kieselsäure, Thon u. s. w.

5) Bohnerz, kuglige Körner meist mit concentrisch schaliger Absonderung, ein häufig im südwestlichen Deutschland und in Frankreich angewendetes Eisenerz, dessen Entstehungsweise nicht bekannt ist. Es besteht entweder aus Kieselsäure, Eisenoxydul und Wasser ($3\,FeO + SiO_3$) oder aus Brauneisenstein und Kieselthon (nach Plattner).

6) Der Raseneisenstein (Wiesenerz, Morasterz, Sumpferz, Seeerz) findet sich im Norden Deutschlands, in Schweden in Torfmooren und unter dem Rasen der Wiesen. Er entsteht durch die Einwirkung von kohlensäurehaltigem, Eisenoxydul enthaltendem Wasser auf Vegetabilien. Er kommt in knolligen oder schlammartigen Massen von brauner oder schwarzer Farbe vor und besteht aus Eisenoxydhydrat, Manganoxyd, Phosphorsäure, organischen Bestandtheilen und Sand. Nach Hermann besteht er aus $Fe_2O_3$, $3\,HO + Mn_2O_3$, $HO + Fe_2O_3$, $PO_5 + 6\,HO$ und $3\,Fe_2O_3$, $Apcr + 6\,HO$ (dreibasisch quellsatzsaurem Eisenoxyd). Das daraus gewonnene Eisen wird theils zum Guss benutzt, wozu es sich wegen seiner Dünnflüssigkeit und weil es die Formen gut ausfüllt, besonders eignet, theils aber auch in Stabeisen verwandelt, welches jedoch des Phosphorgehaltes wegen brüchig ist.

In metallurgischer Hinsicht theilt man die Eisenerze in leicht und schwer reducirbare (leicht- und schwerschmelzbare). Zu den ersteren gehören diejenigen, welche bei der vorbereitenden Röstung eine poröse Beschaffenheit annehmen, die es den reducirenden Hohofengasen ermöglicht, schnell zu reduciren und zu schmelzen; dies ist der Fall bei

dem Eisenspath, welcher Kohlensäure, und dem Brauneisenstein, welcher beim Rösten Wasser verliert. Schwer reducirbare Eisenerze sind Eisenglanz, Rotheisenstein und Magneteisenstein.

Ausbringen des Eisens. Das Ausbringen des Eisens aus den Erzen gründet sich vorzugsweise auf folgende zwei Eigenschaften:

1) Theilchen von reinem oder fast reinem Eisen, im Hohofen so gut als unschmelzbar, kleben bei starker Rothglühhitze zu grösseren Massen zusammen (Schweissbarkeit des Eisens);

2) bei hoher Temperatur bildet das Eisen mit Kohlenstoff eine leicht schmelzbare Verbindung (Kohleeisen, Roheisen, Gusseisen).

In früheren Zeiten, und jetzt nur noch spärlich in einigen Gegenden, war die directe Darstellung des Eisens (Stabeisen) aus den Erzen durch die sogenannte Luppenfrischerei sehr üblich; jetzt gewinnt man das Eisen, indem man zuerst Roheisen darstellt und dieses dann durch den Puddlings- oder Frischprocess entkohlt.

Das Ausbringen des Eisens zerfällt in das Rösten und in das Zugutemachen. Das Rösten der Eisenerze hat zum Zweck, gewisse Substanzen, wie das Wasser und die Kohlensäure zu entfernen und die Masse mürber und poröser und so zur Reduction geschickter zu machen. Die gerösteten Eisenerze werden darauf zerkleinert und reichere Erze mit ärmeren in dem Verhältniss gemischt, welches nach der Erfahrung die grösste Ausbeute giebt. Die gemengten Erze, welche aus einer Sauerstoffverbindung des Eisens und Ganges (Kieselsäure oder Kalk) bestehen, werden mit kalkhaltigen Substanzen gemengt und stark erhitzt zu metallischem Eisen reducirt, denn:

Theorie des Ausbringens.

$$Fe_2\,O_3 + 3\,C = 3\,CO + 2\,Fe;$$

die Kohle bewirkt mithin bei dem Ausbringen des Eisens als Brennmaterial und als Reductionsmittel. Nähme man aber den Process vor, indem man die zerkleinerten und gerösteten Erze mit Kohle mengte und dem Schmelzprocess unterwürfe, so würde man das Eisen in fein zertheilter Gestalt als schwammige Metallmasse erhalten. Um das fein zertheilte Eisen aber zu einer Masse zu vereinigen, setzt man vor dem Ausschmelzen Körper zu, welche sich mit der Gangart zu einer leichtflüssigen Glasmasse verbinden. Diese Masse heisst die Schlacke und dient also dazu, die in den Erzen enthaltenen fremden Bestandtheile zu entfernen, das Zusammenfliessen der geschmolzenen Metalltheilchen zu bewirken und das bereits gebildete Roheisen vor der oxydirenden Wirkung der Gebläseluft zu schützen. Die Schlacke ist ein Gemeng mehrerer kieselsaurer Salze, das entweder schon mit den Eisenerzen selbst bricht, oder wie schon erwähnt wurde, durch Zusatz während des Schmelzens erst entsteht. Es ist nothwendig, dass die Schlacke bei derselben Temperatur schmilzt, bei welcher das Eisen flüssig wird. Mangelt es an Kieselsäure, so setzt man Quarz, Sand, mangelt es an Basen, so setzt man Kalkstein oder Flussspath hinzu. Das Gemenge von ärmeren und reicheren Eisenerzen heisst die Gattirung

(vgl. S. 216), die mit den Zuschlägen und Flüssen, d. h. mit den schlackebildenden Substanzen gemengte Gattirung die Beschickung, welche nicht über 50 pCt. Eisen enthalten darf.

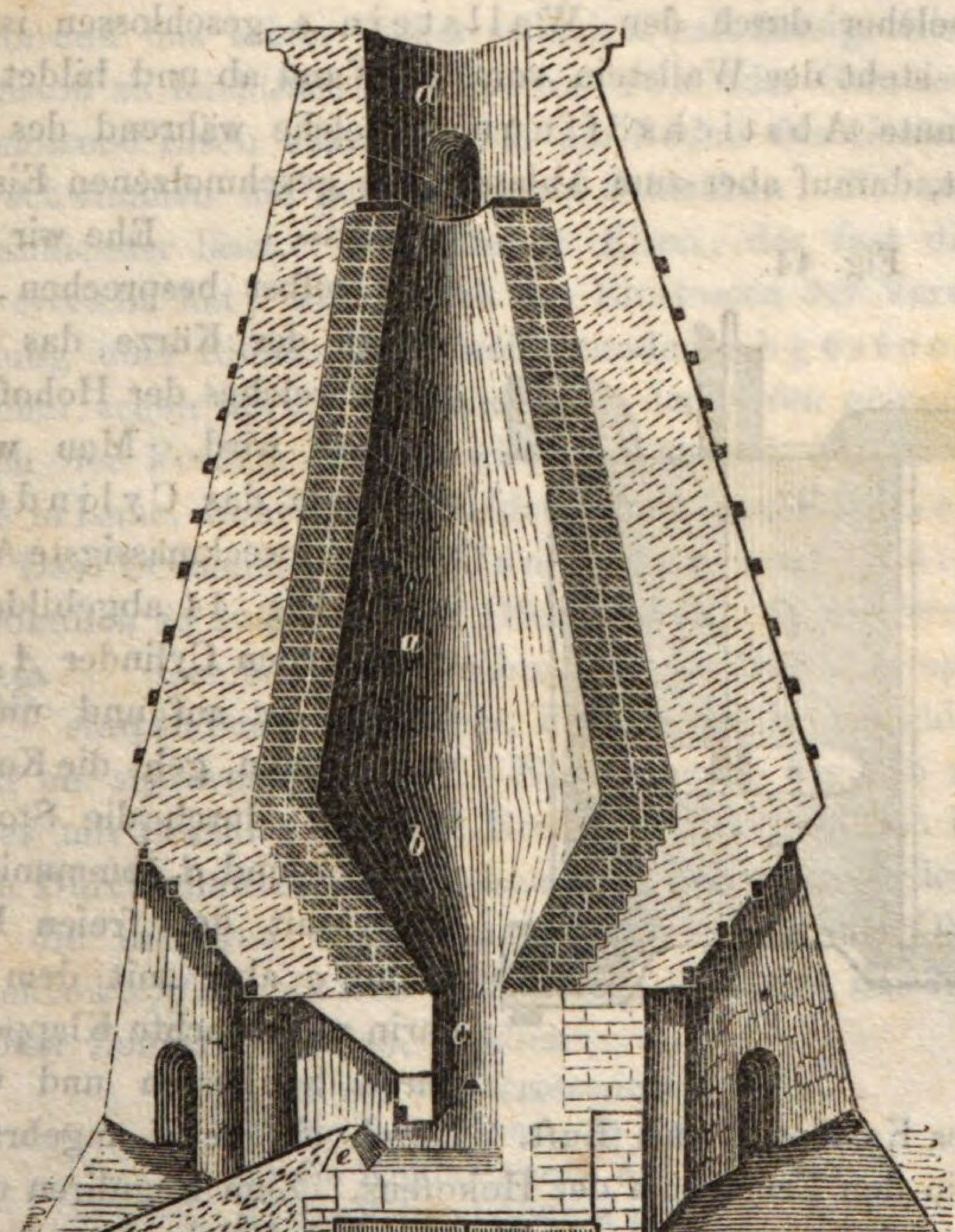
Wenn Eisen im breiartigen Zustande mit Kohle zusammenkommt, wie dies bei dem Ausbringen des Eisens der Fall ist, so wird ein grosser Theil der Kohle von dem enstandenen dünnflüssigen Roheisen gelöst; beim Erkalten des Eisens scheidet sich der grösste Theil der Kohle krystallinisch als Hohofengraphit ab, während ein anderer Theil der Kohle mit dem Eisen chemisch verbunden bleibt. Durch das Ausschmelzen lässt sich demnach kein reines, sondern nur kohlehaltiges Eisen (Roheisen, Gusseisen) gewinnen.

Hohofenprocess. Jetzt führt man den Schmelzsprocess allgemein in Hohöfen (Hochöfen), zuweilen auch noch in Blauöfen aus. Der ganze Process der Eisengewinnung zerfällt:

I. In die Abscheidung des Eisens aus den Eisenerzen durch den Hohofenprocess;

II. In die Umwandelung des so erhaltenen Roheisens in Stabeisen durch den Frischprocess.

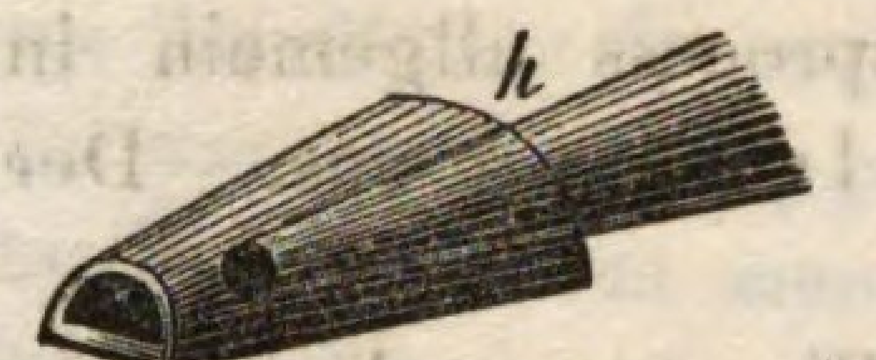
Fig. 42.



Beschreibung des Hohofens.

Ein Hohofen ist ein mit starkem Gemäuer (Rauchmauer) umgebener Schachtofen von 20—50 Fuss Höhe, dessen innerer Theil der Kernschacht oder die Seele die Gestalt zweier, mit den Grundflächen aneinander gefügter, abgestutzter Kegel hat. Der Theil *a* heisst der Schacht, *b* die Rast. Der Theil, wo der Kernschacht den grössten Durchmesser hat, wird Kohlensack oder Bauch genannt. Unterhalb der Rast zieht sich der Raum zu dem Gestell *c* zusammen, dessen unterer Theil (der Eisenkasten) das geschmolzene Roheisen aufnimmt (siehe vorstehende Fig. 42). In dem Gestell befinden sich, einander gegenüber liegend, zwei Oeffnungen mit eingesetzten, halbcylindrischen Röhren (Formen) *h* (Fig. 43), in welche die Mundstücke (Düsen, Deusen, Deupen) der Windleitungsröhren, welche den Hohofen mit Luft versehen, eintreten. Die obere Oeffnung des Schachtes *d* heisst die Gicht, durch dieselbe wird die Beschickung und Brennmaterial in den Hohofen gebracht. Letzterer ist entweder an einem Abhange gebaut, so dass man auf einem Wege zur Gicht gelangen kann, oder es führt zu demselben eine schiefe Ebene, die Gichtbrücke. Der untere Theil des Gestelles ist nach der Vorderseite hin verlängert und bildet den Vorheerd, welcher durch den Wallstein *e* geschlossen ist. Auf der einen Seite steht der Wallstein von der Wand ab und bildet eine Spalte, die sogenannte Abstichsöffnung, welche während des Schmelzens, verstopft ist, darauf aber zum Ablassen des geschmolzenen Eisens dient.

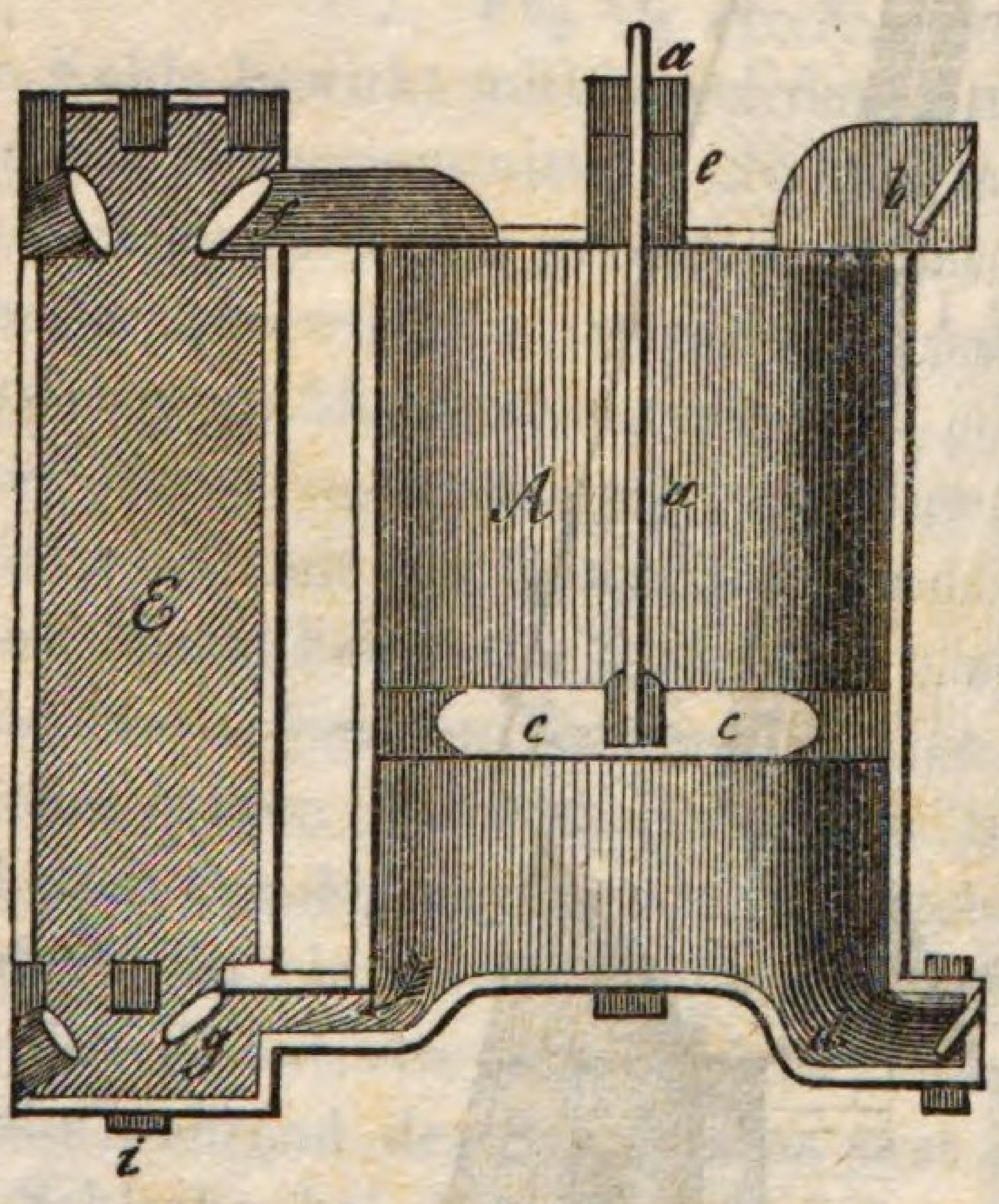
Fig. 43.




Gebläse.

Ehe wir die Schmelzung selbst besprechen, betrachten wir in der Kürze das Gebläse, durch welches der Hohofen mit Luft gespeist wird. Man wendet jetzt allgemein das Cylindergebläse an. Die zweckmässigste Art desselben ist die Fig. 44 abgebildete. In dem gusseisernen Cylinder *A*, in dem der Kolben *c c* auf und nieder bewegt werden kann, geht die Kolbenstange *a* luftdicht durch die Stopfbüchse *e*; durch *b* und *d* communicirt der Cylinder mit der freien Luft, durch *f* und *g* aber mit dem Kasten *E*; darin angebrachte Klappen bewirken durch Schliessen und Oeffnen die Füllung des Kastens *E* mit Luft. Durch ein bei *i* angebrachtes Rohr strömt sie in den Feuerraum des Hohofens. Zum Reguliren des Gebläses benutzt man einen grossen, aus Eisenblech luftdicht zusammengenieteten

Fig. 44.



Ballon, in welchen man die Luft aus dem Kasten *E* treten lässt. Das Princip desselben ist dem des Gasometers in Leuchtgasfabriken gleich. Die Anwendung von erhitzter Gebläseluft ist eine der wichtigsten Verbesserungen, da sie den Aufwand von Brennmaterial im hohen Grade vermindert und die Benutzung von Steinkohlen gestattet, trotzdem haben sich die meisten Eisenhütten genöthigt gesehen, zur kalten Gebläseluft zurückzukehren, weil die Anwendung der heissen Gebläseluft zu Störungen im regelmässigen Gange des Hohofens Veranlassung giebt, ausserdem auch die übermässig hohe Hitze im Gestell die feuerfestesten Steine zu sehr angreift und daher die Campagnen zu sehr abkürzt.

Gang der Schmelzung.

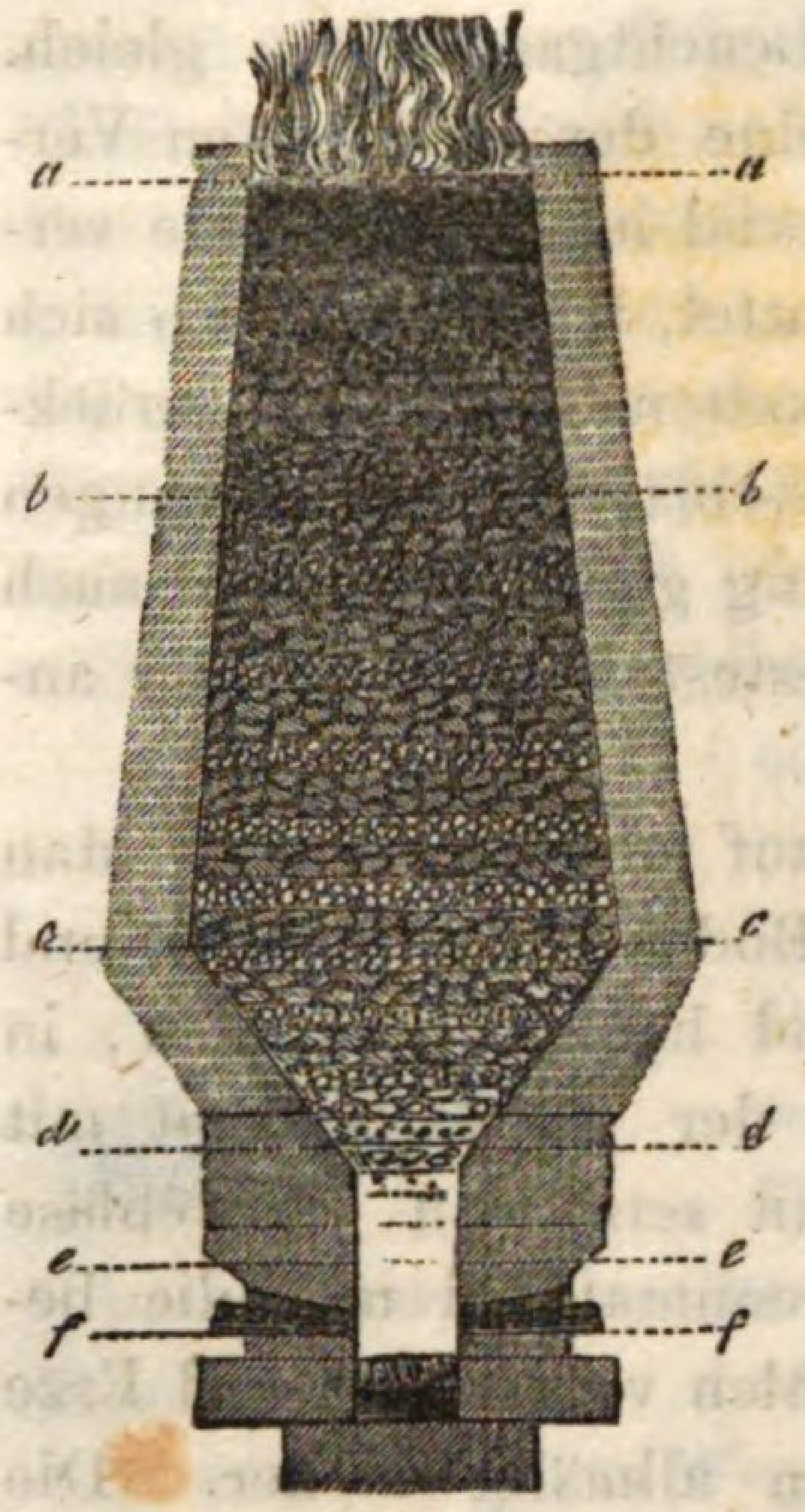
Das Ausschmelzen geschieht auf folgende Weise. Man heizt zuerst den Ofen an, indem man auf dessen Boden Holz anzündet und bringt darauf das Brennmaterial (in Deutschland häufig Holzkohlen, in England Koks oder Steinkohlen), bis endlich der ganze Schacht mit glühenden Kohlen angefüllt ist. Zu gleicher Zeit setzt man die Gebläse in Thätigkeit und trägt schichtenweise das Brennmaterial und die beschickten Erze ein. In dem Masse, als die Kohlen verbrennen und Erze und Zuschlag schmelzen, sinken die Schichten allmälig nieder. Die Kieselerde schmilzt mit den vorhandenen Erden und Oxyden zu Schlacke zusammen, die durch Eisenoxydgehalt gewöhnlich gefärbt erscheint, während das schon früher reducirte halbflüssige Eisen sich mit dem Kohlenstoff zu leichtflüssigem Roheisen oder Gusseisen vereinigt. Das geschmolzene Eisen sammelt sich am Boden des Gestelles an; auf dem Eisen schwimmen die geschmolzenen Schlacken, die man über dem Wallstein abfliessen lässt. Das flüssige Eisen, das fast die Höhe des Wallsteins erreicht hat, wird durch das Einstossen der Verstopfung der Abstichöffnung über Rinnen alle zwölf Stunden abgestochen, wobei es durch einen schon vorher im Sande vor dem Ofen gemachten Ablassgraben nach den Formen geleitet wird. Während des Abstechens sind die Gebläse in Ruhe. Roheisen in Mulden nennt man Flossen, in Barren Gänze. Das Schmelzen (die Campagne oder Hüttenreise) dauert gewöhnlich so lange, als der Ofen aushält, oft mehrere Jahre.

Chemischer Process im Innern des Hohofens.

Der beim Niederschmelzen der Beschickung im Hohofen stattfindende chemische Process ist in verschiedener Höhe im Hohofen ein sehr verschiedener. Nachstehende Fig. 45 zeigt uns das Innere eines mit Beschickung und Brennmaterial gefüllten Hohofens im senkrechten Durchschnitte. Die schmaleren Schichten bedeuten die Beschickung, die breiteren das Brennmaterial. Von der Oberfläche der flüssigen Schlacke *ff* an bis zum Gichtniveau lässt sich das Innere in fünf Regionen oder Zonen eintheilen, nämlich:

1) in die Vorwärmzone *a b*,
2) die Reductionszone *b c*,
3) die Kohlungszone *c d*,
4) die Schmelzzone *d e*,
5) die Verbrennungszone *e f*.

Fig. 45.

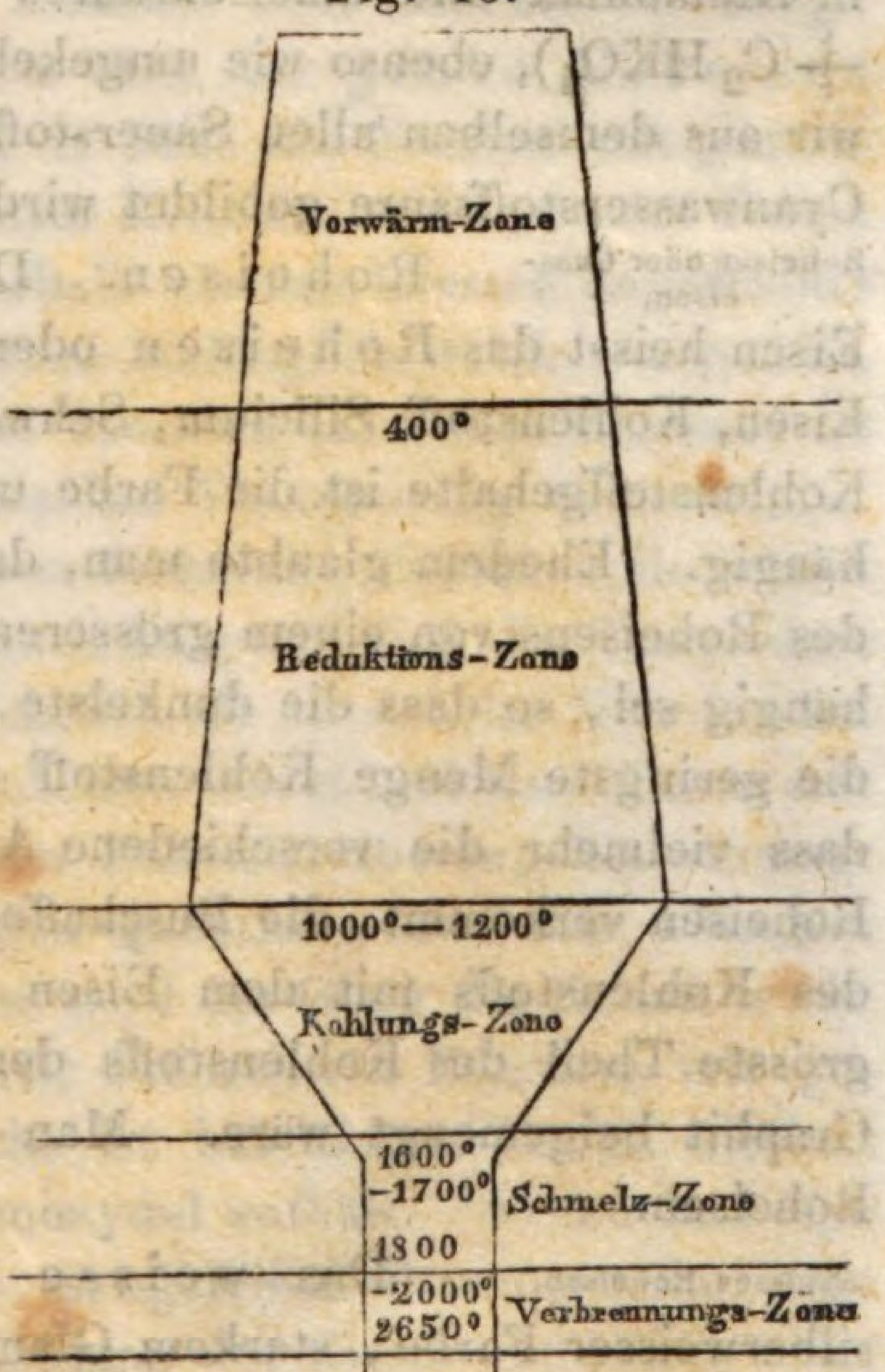



In dem oberen Theile des Schachtraumes, der Vorwärmzone, wird die Beschickung vorgewärmt und vollständig ausgetrocknet. Innerhalb dieser Zone gelangt das Erz kaum zum schwachen Glühen. Die Reductionszone hat die beträchtlichste Ausdehnung; im unteren Theile des Schachtes, besonders in der Gegend des Kohlensackes, wird das Eisenoxyd durch Einwirkung der reducirenden Gase zuerst zu Eisenoxydul-Oxyd und endlich zu metallischem Eisen reducirt. Die in dieser Zone vorhandenen reducirenden Agentien sind: Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas, Cyanwasserstoffgas oder Cyankaliumdämpfe. An einer Stelle dieser Zone ist das Eisen als hämmerbares Eisen vorhanden. Noch tiefer im Ofen, in der Kohlungszone, findet die Kohlung des Eisens statt, wodurch sich stahlartiges Eisen bildet, das mehr oder weniger zusammengesintert aus dem Kohlungsraum in die Schmelzzone gelangt und sich hier mit Kohlenstoff zu Gusseisen sättigt. In der Verbrennungs- oder Oxydationszone, im Vergleich zu den übrigen Zonen nur von sehr geringem Umfange, trifft die aus den Düsen in den Ofen strömende gepresste Luft auf Kohlen, welche sich in stärkster Weissgluth befinden und bildet mit denselben Kohlensäure, welche aber, indem sie durch die höher liegenden Schichten Kohle strömt, zu Kohlenoxyd reducirt wird ($CO_2 + C = 2\ CO$); durch die Verbrennung des in dem Brennmaterial enthaltenen Wasserstoffs wird aber auch Wasser gebildet, welches nebst dem durch die Gebläseluft eingeführten Wasserdampfe (welchen man in der neueren Zeit durch vorheriges Leiten der Gebläseluft über englische Schwefelsäure zu entfernen sucht), durch die grosse Hitze des mittleren Theiles in seine Bestandtheile, in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Der Sauerstoff bildet mit der Kohle Kohlenoxyd, während der Wasserstoff mit der Kohle Kohlenwasserstoff bildet. Ausserdem tritt der Stickstoff des Brennmaterials (der Koks), so wie ein Theil des Stickstoffs der eingeblasenen atmosphärischen Luft mit der Kohle zusammen und bildet Cyan (-metalle oder -wasserstoff). Die reducirenden Gase treffen die erhitzten Erze und bewirken die Reduction der Metalloxyde, während die Gase (Gichtgase, Hohofengase) durch die Gicht entweichen. Das reducirte Eisen verbindet sich, indem es tiefer sinkt, mit Kohlenstoff zu Roheisen, schmilzt dabei und wird durch die Schlacke vereinigt. Indem das Roheisen durch seine Schwere herabsinkt und die Region des Ofens erreicht, in welcher die Hitze am stärksten ist, wirkt sein Kohlenstoff auf die Thonerde, den Kalk, die Kieselerde u. s. w., deren Metalle sich mit dem Eisen verbinden. Aus neueren Untersuchungen

geht hervor, dass die bei dem Hohofenprocess in so grosser Menge sich bildende Cyanwasserstoffsäure, indem sie sich mit den in dem Brennmaterial und den Schlacken enthaltenen Alkalien und Erden zu Cyanmetallen vereinigt, wesentlich bei der Reduction der Eisenerze mitwirkt. Und nicht ganz unwahrscheinlich ist es, dass selbst das Roheisen nicht nur Kohlenstoffeisen, durch Zersetzung von Cyaneisen entstanden, ist, sondern Cyaneisen (vielleicht auch Stickstoffeisen) beigemengt enthält; es sei hierbei an die Entdeckung Wöhler's erinnert, dass die ebenfalls durch den Hohofenprocess entstehenden Titanwürfel kein metallisches Titan, sondern Stickstofftitan-Titancyanür ($3\ Ti_3N + TiC_2N$) sind. Wie bedeutend die Erzeugung von Cyanmetallen bei den mit Steinkohlen betriebenen Hohöfen sein mag, geht aus einer Untersuchung von Bunsen und Playfair über den Process der englischen Roheisenbereitung hervor, nach welcher in einem Hohofen täglich gegen 225 Pfund Cyankalium erzeugt werden. Eck zu Königshütte in Oberschlesien bemerkte auch die Bildung von Cyankalium und Rhodankalium; er berechnete aus dem Kaligehalte des Eisenerzes (Thoneisenstein), des Zuschlages und der Steinkohlen, dass im Ofen zu Königshütte täglich $35\frac{1}{2}$ Pfund Cyankalium gebildet werden können. In der Schmelzzone findet auch Reduction der Thonerde und Kieselerde zu Aluminium und Silicium statt.

Vertheilung der Temperatur in dem Hohofen. Fig. 46 zeigt uns die an den Grenzen der verschiedenen Zonen des Hohofens herrschenden Temperaturen. Die Temperatur der Verbrennungszone würde eine höhere sein, als es in der That der Fall ist, wenn nicht die Umwandelung der Kohlensäure in Kohlenoxyd durch Aufnahme von Kohlenstoff eine bedeutende Temperaturerniedrigung zur Folge hätte. Das Kohlensäuregas verdoppelt nämlich sein Volumen, indem es durch Aufnahme von Kohle in Kohlenoxyd übergeht; dieses Uebergehen des Kohlenstoffs in den gasförmigen Zustand ist mit Bindung von Wärme verknüpft.

Fig. 46.




Wenn man bedenkt, dass in den Hohöfen unter den günstigsten nahe liegenden Verhältnissen nur 16,55 pCt. Brennmaterial im Ofen zur Realisation gelangen, während 83,45 pCt. aber in der Gicht in der Form brennbarer Gase verloren gehen, so lag es auf der Hand, diese Gichtgase anzuwenden, und dies ist auch mit

Gichtgase. dem glücklichsten Erfolge zum Schmelzen und Frischen des Eisens, zum Ausschweissen des gefrischten Eisens in Flammenöfen, zum Erwärmen der Gebläseluft, zum Rösten der Eisensteine, zum Darren und Verkohlen des Holzes etc. geschehen. Die Anwendung derselben scheint aber noch keineswegs erschöpft, denn Bunsen und Playfair fanden, dass die Gase der Steinkohlenhohöfen Ammoniak in solcher Menge enthalten, dass dessen Gegenwart besonders in den tieferen Theilen des Ofenschachts schon durch den Geruch zu erkennen ist. Die genannten Chemiker gelangten zur Ueberzeugung, dass die Verwerthung des Ammoniaks auf die einfachste Weise ausgeführt werden könne, indem man die Gase vor ihrer Verwendung als Brennmaterial durch einen mit Salzsäure versehenen Condensationsraum leitet. Wenn man die durch die Verdichtung des Ammoniaks erhaltene Salmiaklösung fortwährend in die Pfanne eines geeigneten Flammenofens fliessen lässt, in welchem man einen kleinen Theil des Gasstromes über der Flüssigkeit verbrennt, so lässt sich der Abdampfungsprocess dergestalt reguliren, dass man den Salmiak in einer fortwährend abfliessenden, concentrirten Lösung als metallurgisches Nebenproduct erhält. Aus dem Alfreton-Hohofen in England könnte man auf diese Weise täglich 2,44 Centner Salmiak als Nebenproduct, ohne erhebliche Kostenerhöhung des Betriebes und ohne die mindeste Störung des Processes gewinnen. Was die Ammoniakbildung hierbei anbelangt, so hängt sie mit der oben erwähnten Cyanbildung zusammen. Wir wissen, dass z. B. Cyankalium, wenn es mit Wasserdämpfen zusammenkommt, in Ammoniak und ameisensaures Kali zerfällt ($KC_2N + 4\ HO = NH_3 + C_2HKO_4$), ebenso wie umgekehrt aus ameisensaurem Ammoniak, indem wir aus demselben allen Sauerstoff in Form von Wasser austreten lassen, Cyanwasserstoffsäure gebildet wird ($C_2H\ (NH_4)\ O_4 - 4\ HO = C_2NH$).

Anwendung derselben zur Darstellung von Salmiak.

Roheisen oder Gusseisen. Roheisen. Das durch den Hohofenprocess erhaltene Eisen heisst das Roheisen oder Gusseisen. Dasselbe besteht aus Eisen, Kohlenstoff, Silicium, Schwefel, Phosphor, Aluminium. Von dem Kohlenstoffgehalte ist die Farbe und die Beschaffenheit des Roheisens abhängig. Ehedem glaubte man, dass die mehr oder weniger dunkle Farbe des Roheisens von einem grösseren oder geringeren Kohlenstoffgehalte abhängig sei, so dass die dunkelste Sorte die grösste Menge und die hellste die geringste Menge Kohlenstoff enthielte. Karsten wies aber nach, dass vielmehr die verschiedene Art und Weise, wie der Kohlenstoff im Roheisen vorkommt, die Beschaffenheit desselben bedingt, dass ein Theil des Kohlenstoffs mit dem Eisen chemisch verbunden sei, während der grösste Theil des Kohlenstoffs dem Eisen nur mechanisch in Form von Graphit beigemengt wäre. Man unterscheidet weisses und graues Roheisen.

Weisses Roheisen. Das weisse Roheisen (fonte blanche) ist von silberweisser Farbe, starkem Glanze und zeigt spiegelnde Flächen, das specifische Gewicht = 7,5. Zuweilen lassen sich in demselben Prismen

erkennen, man nennt es dann Spiegeleisen oder Spiegelfloss (Rohstahleisen, Rohstahlstoff); diese Eisensorte lässt sich als eine Verbindung von $CFe_3$ oder genauer $Fe_3 C + Fe_4 C$ (mit 5,93 pCt. C) betrachten. Wird das Gefüge des weissen Roheisens strahlig-faserig und geht die Farbe desselben ins bläulichgraue über, so heisst die Varietät blumiges Floss. Wenn die weisse Farbe noch mehr verschwindet und die Bruchflächen anfangen zackig zu werden, so erhält man eine zwischen dem weissen und grauen Roheisen in der Mitte stehende Varietät, das luckige Floss.

Graues Roheisen. Das graue Roheisen (fonte grise) ist von hellgrauer bis dunkelschwarzgrauer Farbe, körnigem bis feinschuppigem Gefüge. Das spec. Gewicht desselben ist im Mittel = 7,0. — Wenn in einem Stücke beide Roheisensorten, entweder in besonderen Lagen oder das eine in die Masse des andern zerstreut vorkommen, so heisst ein solches Eisen halbirtes Roheisen (fonte truitée). Der chemische Unterschied zwischen weissem und grauem Roheisen liegt darin, dass ersteres nur chemisch gebundenen Kohlenstoff (4—5 pCt.), letzteres wenig gebundenen Kohlenstoff 0,5 — 2 pCt.), aber viel mechanisch beigemengten (1,3—3,7 pCt.) enthält. In Bezug auf den Schmelzpunkt des Roheisens ist zu erwähnen, dass das weisse Roheisen, das am meisten Kohlenstoff enthält, am leichtesten schmilzt; das graue Roheisen ist viel dünnflüssiger als das weisse. Geschmiedet kann das Roheisen nicht werden, da es in der Glühhitze zwar weich und mürbe wird, dass es mit einer gewöhnlichen Holzsäge leicht geschnitten werden kann, unter dem Hammer aber auseinander fliegt. Wegen der dünnflüssigeren Beschaffenheit wird das graue Roheisen vorzüglich zu Gusswaaren angewendet, es füllt die Formen mit grosser Schärfe und Reinheit aus, während weisses Roheisen mit stumpfen Ecken und concaver Oberfläche erstarrt und deshalb nie zum Giessen angewendet werden kann. Das graue Roheisen ist ferner hinlänglich weich, um gefeilt, gehobelt, gebohrt und gedreht werden zu können; das weisse Roheisen ist dagegen so hart, dass es jeder mechanischen Verarbeitung widersteht.

Auf die Beschaffenheit des aus dem Hohofen erhaltenen Roheisens ist nicht nur die Beschickung, sondern auch hauptsächlich die Temperatur des Ofens von grösstem Einflusse. Es scheint, als ob sich im Hohofen bei jeder Beschickung zuerst stets weisses Roheisen bildet und dass dieses erst bei sehr gesteigerter Temperatur in graues Roheisen überzugehen vermag. Findet die Reduction bei einem richtigen Quantitätsverhältniss zwischen Erz, Zuschlag und Brennmaterial statt, so wird der Gang des Hohofens ein garer (Gargang) genannt. Man erhält dadurch ein Roheisen mit gehörigem Kohlenstoffgehalt. Die Schlacke ist bei diesem Gange niemals dunkel gefärbt, weil sie nur wenig Eisenoxydul enthält. Wenn in Folge von vorherrschendem Erze, also von mangelndem Brennmaterial, die Temperatur, welche zur vollständigen Kohlung des Eisens erforderlich ist, nicht erreicht wird, so findet nicht selten nur unvollständige Reduction

statt, in Folge deren eine grosse Menge von Eisenoxydul in die Schlacke geht und derselben eine dunkle Farbe ertheilt. Der Gang des Ofens wird in diesem Falle ein übersetzter, roher oder scharfer genannt. Durch überwiegendes Brennmaterial, wodurch die Hitze im Hohofen zu sehr gesteigert wird, wird ein heisser oder hitziger Gang des Hohofens hervorgebracht und graues Roheisen erzeugt; durch den kalten Gang wird weisses Roheisen gebildet.

Die Resultate der chemischen Untersuchung einiger Roheisensorten mögen die Zusammensetzung des Roheisens im Allgemeinen veranschaulichen:

1. Spiegeleisen aus 14 Th. Spatheisenstein, 9 Th. Brauneisenstein erhalten (Hammerhütte).
2. Blumiges Floss aus Steiermark.
3. Weisses Roheisen.
4. Halbirtes Roheisen.
5. Graues Roheisen (aus Brauneisenstein mit Holzkohle).
6. Graues Roheisen (aus Brauneisenstein und Spatheisenstein).
7. Graues Roheisen (aus ockrigem Brauneisenstein mit Koks erblasen).

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gebundener Kohlenstoff | 5,14 | 4,92 | 2,91 | 2,78 | 0,89 | 1,03 | 0,58 |
| Graphit | 0 | 0 | 0 | 1,99 | 3,71 | 3,62 | 2,57 |
| Schwefel | 0,02 | 0,017 | 0,01 | 0 | — | — | — |
| Phosphor | 0,08 | 0 | 0,08 | 1,23 | — | — | — |
| Silicium | 0,55 | 0 | 0 | 0,71 | — | — | — |
| Mangan | 4,49 | 0 | 1,79 | 0 | — | — | — |

Das Zeichen —, dass auf den Körper nicht geprüft, das Zeichen 0, dass der Körper nicht gefunden wurde.

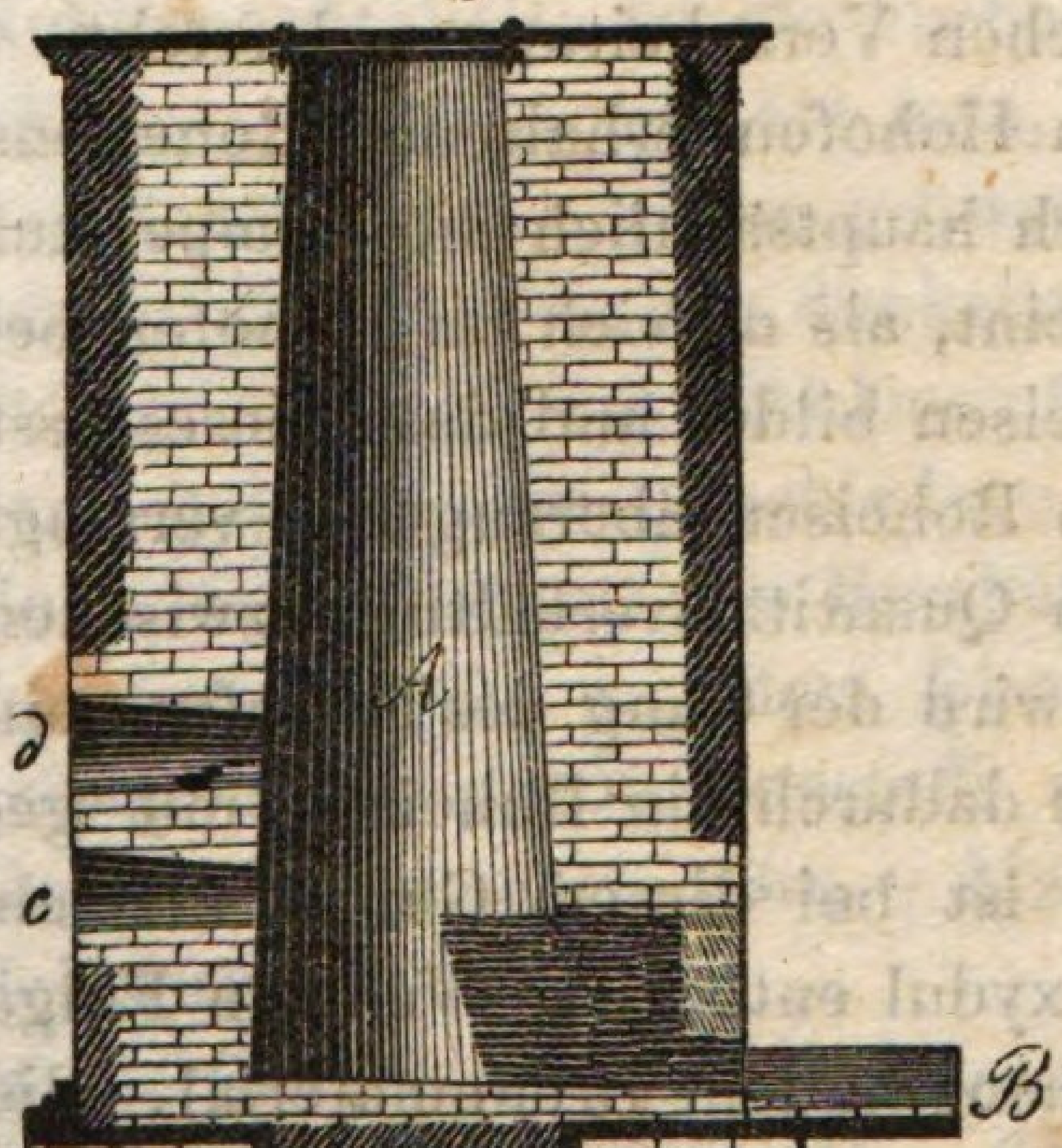
Eisengiesserei. Umschmelzen des Roheisens.

Obgleich das Giessen des Eisens direct aus dem Hohofen (Hohofenguss) geschehen kann, zieht man es vor, die Flossen oder Gänze umzuschmelzen (Umschmelzebetrieb), dies geschieht entweder in Tiegeln, in Schachtöfen oderin Flammenöfen. Tiegel (von Graphit oder feuerbeständigem Thon) wendet man nur zum Giessen kleiner Gegenstände an, man schmilzt gewöhnlich darin 5—8 Pfund. Am häufigsten findet der Schacht-

Schacht- oder Kupolofen.

oder Kupolofen Anwendung; beistehende Zeichnung (Fig. 47) zeigt einen solchen Ofen; er besteht aus einem cylindrischen Schachtofen von 8—10 Fuss Höhe, in welchem man durch die Gicht das Roheisen und

Fig. 47.



das Brennmaterial (Holzkohlen oder Koks) schichtweise in den Schacht *A* einträgt; die Oeffnungen *c* und *d* dienen zur Einführung der Düsen des Gebläses. Die nach der Rinne *B* führende Oeffnung ist während des Schmelzens verschlossen; wenn das geschmolzene Eisen die Oeffnung *c* erreicht hat, wird dieselbe vermittelst Thon verschlossen und die zuerst in *c* befindliche Düse in die Oeffnung *d* gelegt. Das geschmolzene Eisen wird entweder in die Form unmittelbar geleitet, oder in eiserne, mit Thon überstrichene Giesspfannen gelassen und nach der Form hingetragen. Auch hierbei hat die Benutzung von heisser Gebläseluft bedeutende Ersparniss an Brennmaterial zur Folge gehabt. — Das Umschmelzen des Roheisens in Flammenöfen endlich geht in einem gewöhnlichen Flammenofen auf die Weise vor sich, dass man das Eisen auf dem mit Sand bedeckten Schmelzheerde, der in der Richtung seiner Länge etwas geneigt ist und an dessen tieferliegenden schmalen Seite das Stichloch zum Abstechen des geschmolzenen Eisens befindlich ist, schmelzen lässt und dann absticht. Auf dem Feuerheerde befindet sich Steinkohlenfeuer, dessen Flamme über eine niedrige Scheidewand (die Feuerbrücke) hinweg über den Schmelzheerd zieht, denselben in seiner ganzen Längenausdehnung bestreicht und endlich in einen hohen Schornstein tritt. Aus dem Stichloche läuft das Eisen entweder direct in die Formen, oder man füllt damit lehmbestrichene Kellen und Pfannen, die von den Arbeitern zu den Formen getragen und dort durch Umneigen ausgegossen werden. In einem Flammenofen lassen sich mehr als fünfzig Centner Roheisen auf einmal umschmelzen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Roheisen während des Umschmelzens in Flammenöfen mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt, dadurch theilweise entkohlt und zu Gusswaaren untauglich wird.

Flammenofen.

Ein wesentlicher und schwieriger Theil der Eisengiesserei besteht in der Herstellung der Gussformen. Je nach den Materialien, aus denen die Formen bestehen, unterscheidet man 1) Sandguss in Formen aus Sand, der so fein sein muss, dass die feinsten Gegenstände sich darin abdrücken lassen, und so zusammenhaften, dass die schärfsten Kanten stehen bleiben; er enthält so viel Thon, dass er sich beim Befeuchten mit Wasser ballt; er wird vorher durch einen Zusatz von Kohlenstaub locker gemacht, damit die Wasserdämpfe, die bei der Berührung des heissen Gusseisens mit dem feuchten Sand sich bilden, leicht entweichen können. Bei Gegenständen, die auf der einen Seite eben sind, wie Gitter, Platten, Räder etc. wendet man den Heerdguss an, d. h. man giesst auf einem Theile der Hüttensohle, der mit Formsand bedeckt ist; in diesem Formsand ist das Modell so eingedrückt, dass dessen Oberfläche horizontal ist. Zu zusammengesetzteren Gusswaaren, z. B. zu Töpfen, wendet man den Kastenguss an. Die Sandformen werden vor dem Eingiessen des Eisens nicht getrocknet; 2) der Masseguss in Formen aus Sand und Lehm, wobei die Formen vor dem Giessen sorgfältig getrocknet werden

müssen; 3) der Lehmguss in Formen aus Lehm, der gesiebt, angefeuchtet und um das Reissen beim Trocknen zu verhüten, mit Pferdemist durchknetet ist; 4) der Schalenguss in gusseiserne Formen. Letzterer wird nur selten und zwar nur zu Hartwalzen zum Ausstrecken des Blechs, die eine grosse Härte besitzen müssen, benutzt. Er gründet sich auf die Eigenschaft des grauen Roheisens, im geschmolzenen Zustand durch schnelle Abkühlung rasch zum Erstarren gebracht, in hartes weisses Roheisen überzugehen. Giesst man daher das Roheisen in gusseiserne Formen, welche die Wärme schnell ableiten, so wird die äussere Schicht in Folge der schnellen Abkühlung weiss und hart. So kann man Walzen giessen, die an der Oberfläche sehr hart, und doch, weil sie im Innern aus grauem Roheisen bestehen, nicht spröde und zerbrechlich sind.

Der am häufigsten angewendete Guss ist der Sandguss; man benutzt ihn zum Giessen von Ofenplatten, Rädern, Gittern, Maasstäben etc. Den Masseguss wendet man an, wenn man ein Zusammenstürzen einer Sandform zu fürchten hat; man benutzt diesen Guss zum Giessen von eisernen Röhren und Kanonen. Zur Herstellung der letzteren findet das halbirte Roheisen Anwendung, indem dasselbe Zähigkeit mit Elasticität und einer gewissen Härte vereinigt; es scheint indessen, als werde das Roheisen (und auch das bisher angewendete Geschützmetall) in der Geschützgiesserei in der Zukunft vollständig von dem Gussstahl ersetzt werden, wenigstens hat Fr. Krupp in Essen auf den Ausstellungen zu London (1851), München (1854) und Paris (1855) Gussstahlkanonen (neben Gussstahlwalzen etc.) ausgestellt, die alle zeitherigen Leistungen überbieten. Man benutzt den Masseguss auch zu den sogenannten Galanteriewaaren aus Eisenguss (Schreibzeuge, Leuchter, Ringe etc.). Den Lehmguss wendet man endlich für sehr grosse Gegenstände an, und besonders für solche, wozu man kein besonderes Modell machen will oder kann, z. B. zum Giessen von grossen Kesseln, Glocken etc. Man unterscheidet dabei drei Haupttheile:

a) den Kern, der an Grösse und Gestalt dem Inneren des Gussstücks gleichkommt,
b) das Modell (Hemd, Eisenstärke) und
c) den Mantel (die Einhüllung des Modells).

Die Lehmformen werden scharf getrocknet. Der Kunstguss, d. i. die Anfertigung von Monumenten, Statuen etc. ist gleichfalls Lehmguss; hiezu beginnt aber in der neueren Zeit das Zink das Gusseisen zu verdrängen.

Bei solchen Gegenständen, welche viel Erhabenheiten auf ihrer Oberfläche, und besonders eine solche Form haben, dass ein theilweises Abheben des Mantels nicht ausführbar ist, wie z. B. bei dem Guss von Grabmonumenten, Kunstöfen, Statuen u. s. w. wird auf den gebrannten Kern die Form in Wachsabgüssen aufgetragen. Das von dem Modelleur angefertigte Modell wird in Gyps abgegossen, und es werden so viel

einzelne Gypsformen dargestellt, als des Abhebens wegen nöthig sind. Man giesst das Wachs in die einzelnen Formen, trägt die Wachsabgüsse auf den Kern und setzt sie auf demselben vorsichtig zusammen. Diese Wachsform wird mit feingeschlämmtem Thon, der mit etwas Graphit gemischt worden ist, überpinselt, und nachdem dies mehreremale geschehen ist, die Form mit einer stärkeren, mit Kuhhaaren untermengten Thonschicht umgeben. Ist der Ueberzug getrocknet, so schmilzt man das Wachs durch Erwärmen der Form heraus.

Adouciren. Tempern. Nach dem Gusse werden die Gusswaaren durch mechanische Bearbeitung vollendet, es werden z. B. die Giessnäthe abgehauen, der eingebrannte Sand von der Oberfläche abgelöst u. s. w. Oft müssen die Eisengüsse ausgebohrt, gedreht und geschliffen werden. Da dieselben nun durch schnelles Erkalten auf der Oberfläche oft solche Härte und Sprödigkeit besitzen, als wären sie aus weissem Roheisen gegossen und dadurch nicht mit Feilen, Meissel etc. bearbeitet werden können, so sucht man solchen Eisengüssen durch das Adouciren (Tempern, Anlassen) die nöthige Weichheit zu ertheilen. Das Adouciren besteht wesentlich in anhaltendem starkem Glühen der Gussstücke in einer Einhüllung und sehr langsamem Erkalten. Das Adouciren geschieht entweder auf physikalischem oder auf chemischem Wege. Im ersteren Falle, in welchem keine chemische Veränderung eintritt und das Harteisen nur durch Anderslagerung der Moleküle in weiches Eisen übergeht, überzieht man die Gegenstände mit Lehm und glüht sie zwischen Kohlen aus, oder man glüht sie einfach unter trocknem Kiessand, oder in mit Kohlenstaub angefüllten Kapseln bei nicht anhaltender Rothglühhitze. Sollen die Gusswaaren durch das Adouciren zugleich eine gewisse Festigkeit erhalten, welche dem Stahl und Stabeisen eigenthümlich ist, so muss die Einhüllung und länger anhaltende Hitze chemisch, d. h. entkohlend einwirken. Als Hülle benutzt man ein Cementirpulver aus Kohle, Knochenasche, Eisenhammerschlag und rothem Eisenoxyd. Gleichmässig und durch die ganze Masse hindurch entkohlten Eisenguss nennt man hämmerbaren, schmiedbaren Eisenguss. Auf diese Weise stellt man neuerdings viele kleine Gegenstände aus Gusseisen dar, die man früher zu schmieden pflegte, wie z. B. Schlüssel, Lichtputzen, Schnallen u. s. w. Durch Einsatzhärtung (siehe bei Stahl) lassen sich diese Gegenstände oberflächlich verstählen, so macht man jetzt z. B. gegossene Scheeren und Messer (selbst Rasirmesser), die sich von den stählernen kaum unterscheiden lassen. Man überzieht die gegossenen Gegenstände mit einem Firniss von Steinkohlentheer und Graphit, oder Leinölfirniss und Kienruss.

Emailliren von eisernen Geschirren. Die eisernen Kochgeschirre pflegt man auf der inneren Seite zu emailliren; dies geschieht, indem man die Fläche durch verdünnte Schwefelsäure von Oxyd befreit, einen aus Borax, Quarz, Feldspath, Thon und Wasser bestehenden Brei in dem Gefässe umherschwenkt, auf den feuchten Ueberzug ein feines Pulver von Feldspath,

Soda, Borax und Zinnoxyd streut, und darauf die Geschirre in einer Muffel bis zum Schmelzen der Glasmasse erhitzt. Das in Frankreich fabricirte glasirte Eisen (fer contre oxydé) ist ein ähnliches emaillirtes Eisen. Die Glasurmasse wird durch Zusammenschmelzen von 130 Th. Flintglaspulver, 20½ Th. kohlensaurem Natron und 12 Th. Borsäure dargestellt. Man benutzt das glasirte Eisen hauptsächlich statt der Zinkgefässe und verzinnter Blechgeschirre, namentlich verfertigt man daraus Zuckerhutformen und Krystallisirgefässe für Stearinsäure.

Stabeisen oder Frischeisen.

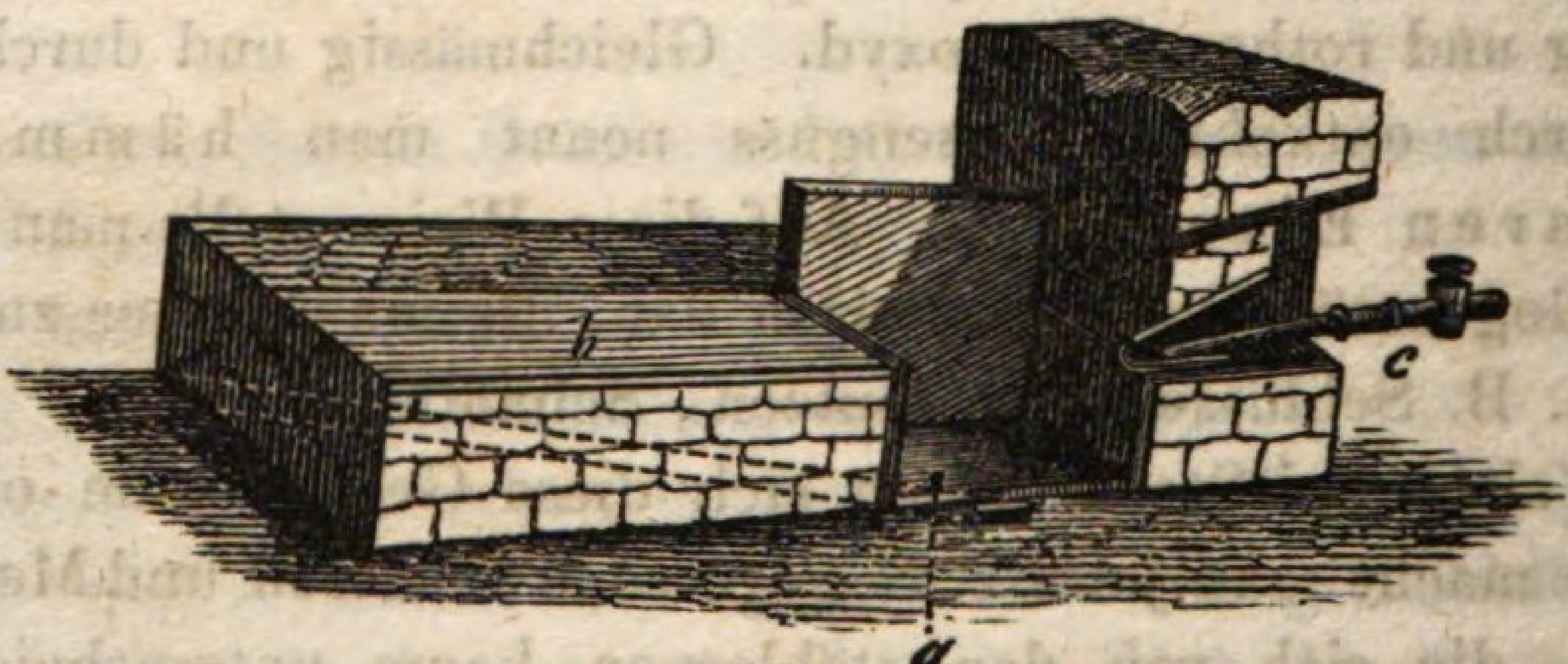
Stabeisen oder Frischeisen. In älteren Zeiten brachte man das Stabeisen direct aus den Erzen aus, indem man dieselben auf einem Heerde mit Kohlen unter Mitwirkung eines Gebläses reducirte und den erhaltenen Klumpen von reducirtem Eisen sofort ausschmiedete. Gegenwärtig hat man diese wenig ergiebige Gewinnungsart (Luppenfrischerei) verlassen, und stellt allgemein zuerst Roheisen und aus diesem das Stabeisen dar. Derjenige Process, durch welchen das Roheisen in Stabeisen oder Frischeisen verwandelt wird, heisst der Frischprocess; er beruht der Hauptsache nach auf der Entfernung der grössten Menge des Kohlenstoffs des Roheisens. Der Frischprocess oder Frischen geht entweder vor sich:

1) auf Heerden (Heerdfrischung oder deutscher Frischprocess), oder
2) in Flammenöfen (Puddlingsprocess oder englischer Frischprocess).

Heerdfrischung.

Bei der Heerdfrischung wird das Gusseisen in Platten von 3—4 Ellen Länge, ½ Elle Breite und 2—3 Zoll Stärke in dem vertieften vierseitigen Feuerraum *a* des Heerdes *b* (Fig. 48) eingeschmolzen. Diese Vertiefung ist mit eisernen Platten ausgelegt und erhält

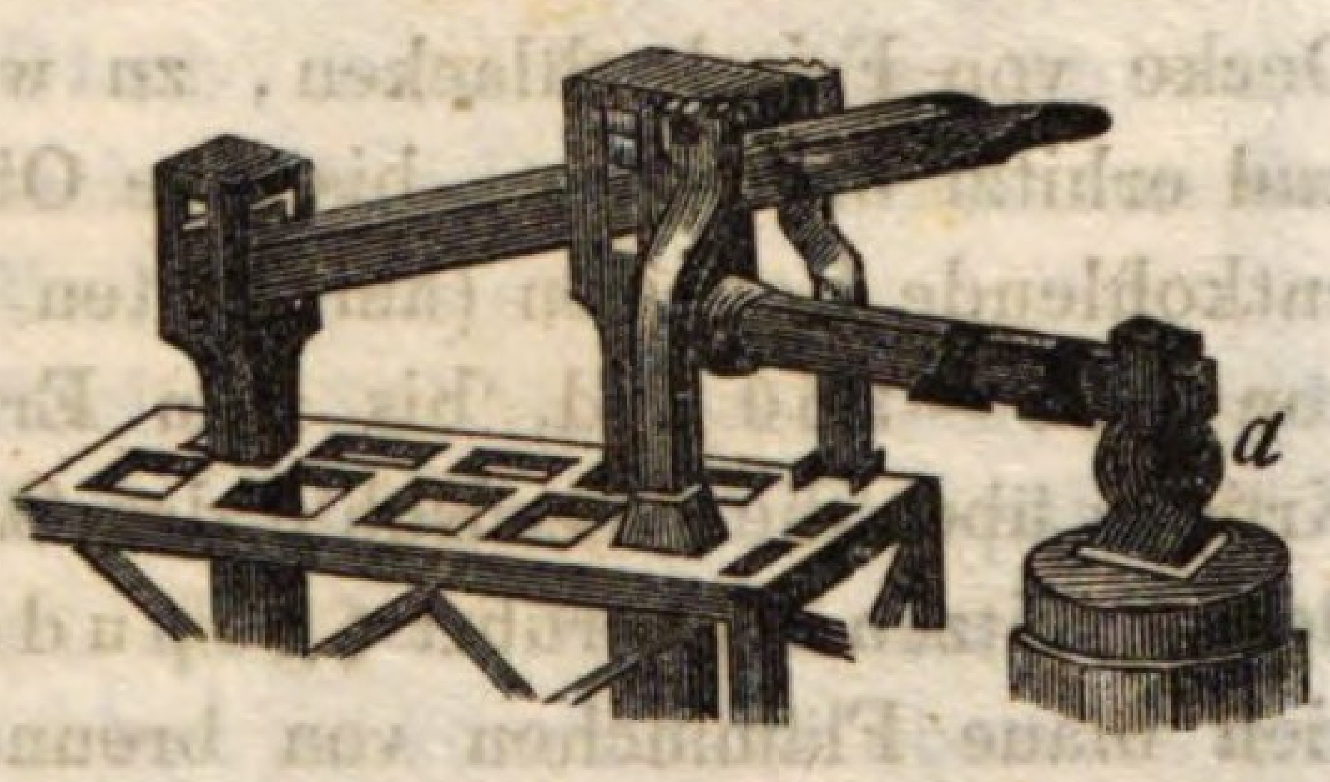
Fig. 48.




durch die Düse *c* die nöthige Gebläseluft zugeführt. Zuerst füllt man den Feuerraum mit glühenden Holzkohlen, lässt das Gebläse an und bringt das Roheisen in Gängen auf den Heerd *b*, das in dem Masse in die Heerdvertiefung geschoben wird, als es an der vorderen Seite abschmilzt. Durch die Gebläseluft wird fortwährend Kohlenstoff aus dem Roheisen zu Kohlensäure verbrannt und das Roheisen entkohlt. Der den Gänzen anhängende Sand, die durch Oxydation des Siliciums des Roheisens entstandene, so

wie die durch die Holzkohlenasche in die Masse gelangte Kieselerde kommen ebenfalls bei dem Frischen in Betracht; diese Körper verbinden sich nämlich mit dem gleichzeitig entstehenden Eisenoxydul zu basisch kieselsaurem Eisenoxydul ($SiO_3 + 3\,FeO$), zu der sogenannten Rohschlacke (in 100 Theilen 68,84 Eisenoxydul und 31,16 Kieselsäure)*), die über dem geschmolzenen Eisen steht und während des Eisenschmelzens von Zeit zu Zeit abgelassen wird, ohne das Eisen jedoch gänzlich von der Schlacke zu entblössen. Diese Schlacke wird zu der nächsten Schmelzung mit Eisenhammerschlag (Oxydul-Oxyd) gemengt, gegeben, um die Entkohlung des Eisens zu bewirken. Wenn man nämlich Roheisen (Kohleneisen) mit Eisenoxyduloxyd und basisch kieselsaurem Eisenoxydul glüht, so giebt das Eisenoxyduloxyd an den Kohlenstoff des Roheisens Sauerstoff ab, und es bilden sich Kohlenoxyd und Stabeisen. Bei der Frischung werden auch alle anderen in dem Roheisen enthaltenen Stoffe wie Aluminium, Phosphor u. s. w. in die Schlacke getrieben. — Nach dem Einschmelzen des Eisens werden die Schlacken abgelassen und die Eisenstücken unter häufigem Wenden dem Wind des Gebläses ausgesetzt; das Eisen wird, indem es immer mehr und mehr seinen Kohlenstoff verliert, dünnflüssiger und schmilzt ab. Dieser Process (das Rohaufbrechen) wird so lange fortgesetzt, bis das Eisen gar ist. Die sich nach dem Rohaufbrechen bildende Schlacke wird um so reicher an Eisenoxydul, je mehr sich das Eisen der Gare nähert, wodurch sie endlich zur Garschlacke ($SiO_3 + 6\,FeO$) wird, welche eben so wie die mit Hammerschlag versetzte Rohschlacke als Zusatz zur Beförderung der Entkohlung des Eisens benutzt wird. Nach dem Rohaufbrechen nimmt der Frischer das Garaufbrechen vor, dass darin besteht, die ganze Eisenmasse durch verstärkte Hitze halbflüssig zu machen, damit sich die Schlacke abscheide. Nach beendigtem Gareinschmelzen hebt man die gefrischte Eisenmasse (Deul, Luppe, Klump, Wolf) aus dem Feuer heraus und bringt sie noch glühend unter den Aufwerfhammer *a* (Fig. 49), welcher durch eine Welle und durch Daumen in Bewegung gesetzt wird. Durch die Schläge des Hammers werden alle Schlackentheile ausgepresst. Der Deul wird darauf mit einem Messer in Stücke zerschnitten und diese dann zu Stäben ausgeschmiedet. Aus 100 Theilen Roheisen erhält man im Durchschnitt 70—75 Th. Stabeisen.

Fig. 49.




Schwedischer Frischprocess.

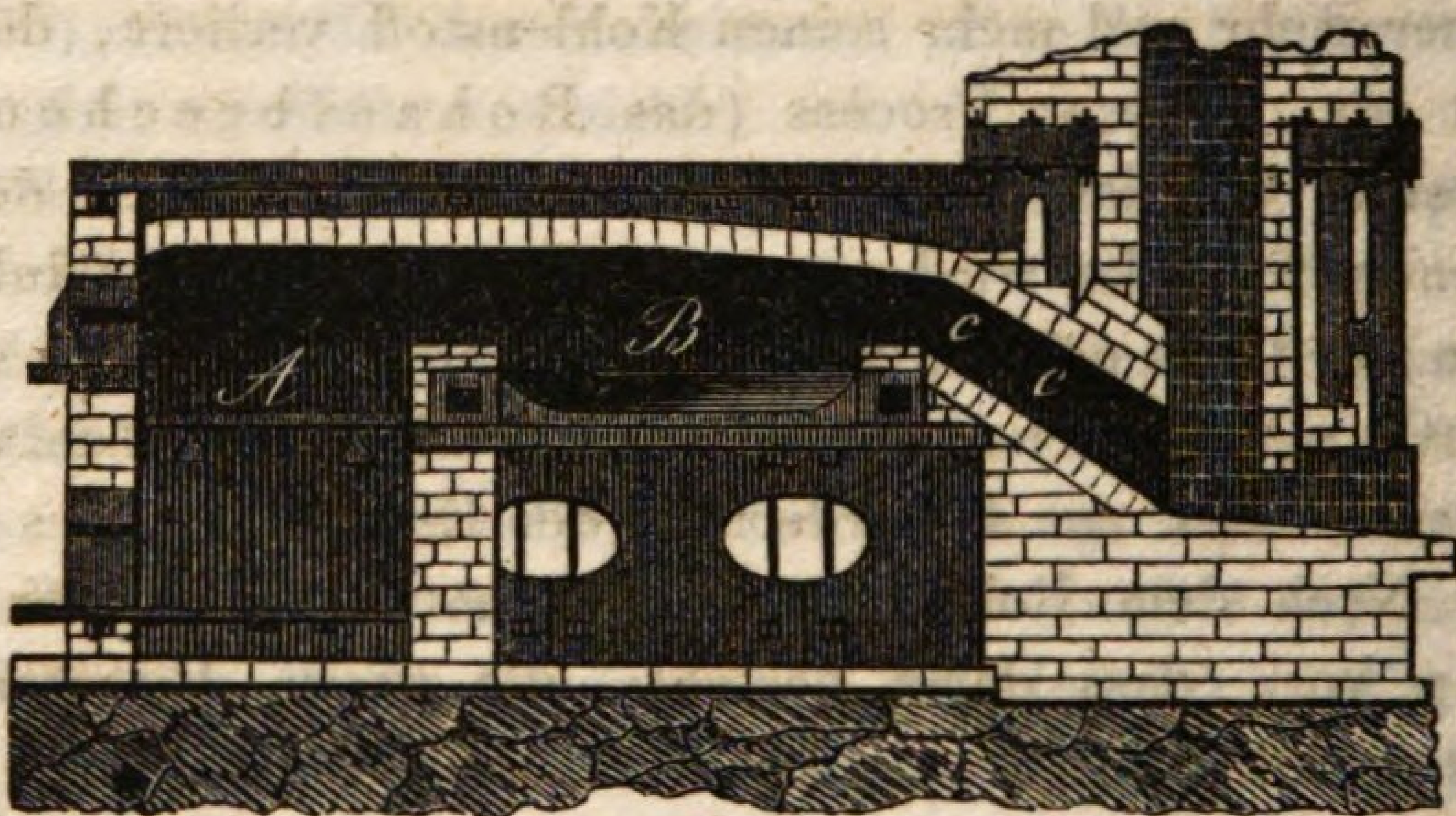
Der schwedische Frischprocess (die Wallonenschmiede) unterscheidet sich von der deutschen Frischung dadurch, dass

*) Mitscherlich hat gezeigt, dass die nicht selten krystallisirt vorkommende Schlacke die Zusammensetzung und die Krystallform des Olivins besitzt.

nur geringe Mengen des Eisens auf einmal in Arbeit kommen und dass man keine Schlacke zusetzt. Die Entkohlung geht aber nur durch den Sauerstoff der Luft vor sich. Dieses Verfahren erfordert viel Brennmaterial, auch oxydirt sich ein nicht unbedeutender Theil des Eisens; das erhaltene Eisen enthält aber keine Schlacke und ist daher dichter.

Puddlingsprocess. Der Puddlingsprocess oder das Frischen im Flammenofen. In Ländern, in denen, wie in England, die Holzkohlen wegen ihres hohen Preises zum Frischen des Roheisens nicht angewendet werden können, benutzt man die Steinkohlen. Da aber wegen des Schwefelgehaltes der Steinkohlen eine unmittelbare Berührung derselben mit dem Eisen vermieden werden muss, so wendet man zum Puddlingsöfen. Entkohlen des Roheisens Flammenöfen (Puddlingsöfen) an. Figur 50 zeigt einen Puddlingsofen im Durchschnitt, *A* ist der Rost, *B* der Puddlingsheerd und *cc* der Canal, durch welchen die Gase in den Schornstein gelangen. Der Puddlingsheerd *B* besteht aus einem vier-

Fig. 50.




eckigen, eisernen Kasten, in welchen atmosphärische Luft ungehindert durch den Rost eintreten kann. Auf diesen Heerd bringt man eine Decke von Frischschlacken, zu welchen man Hammerschlag gesetzt hat und erhitzt die Masse, bis ihre Oberfläche weich geworden ist. Das zu entkohlende Roheisen (am besten weisses Roheisen) wird in Quantitäten von 300—350 Pfd. bis zum Erweichen erhitzt, sodann mittelst einer Krücke über die Heerdsohle des Ofens ausgebreitet und unter fortwährendem Erhitzen umgerührt (gepuddelt). Auf dem breiigen Eisen zeigen sich blaue Flämmchen von brennendem Kohlenoxydgase und das Eisen wird zäher und steifer. Der grösste Theil der beim Puddlingsprocess sich bildenden Schlacke fliesst vorn im Ofen von dem Eisen ab, und wird von Zeit zu Zeit durch eine Oeffnung abgelassen. Nach beendigtem Puddeln vereinigt man das auf der Heerdsohle ausgebreitete Eisen zu Bällen und befreit es unter dem Stirnhammer oder durch ein Quetschwerk von der Schlacke.

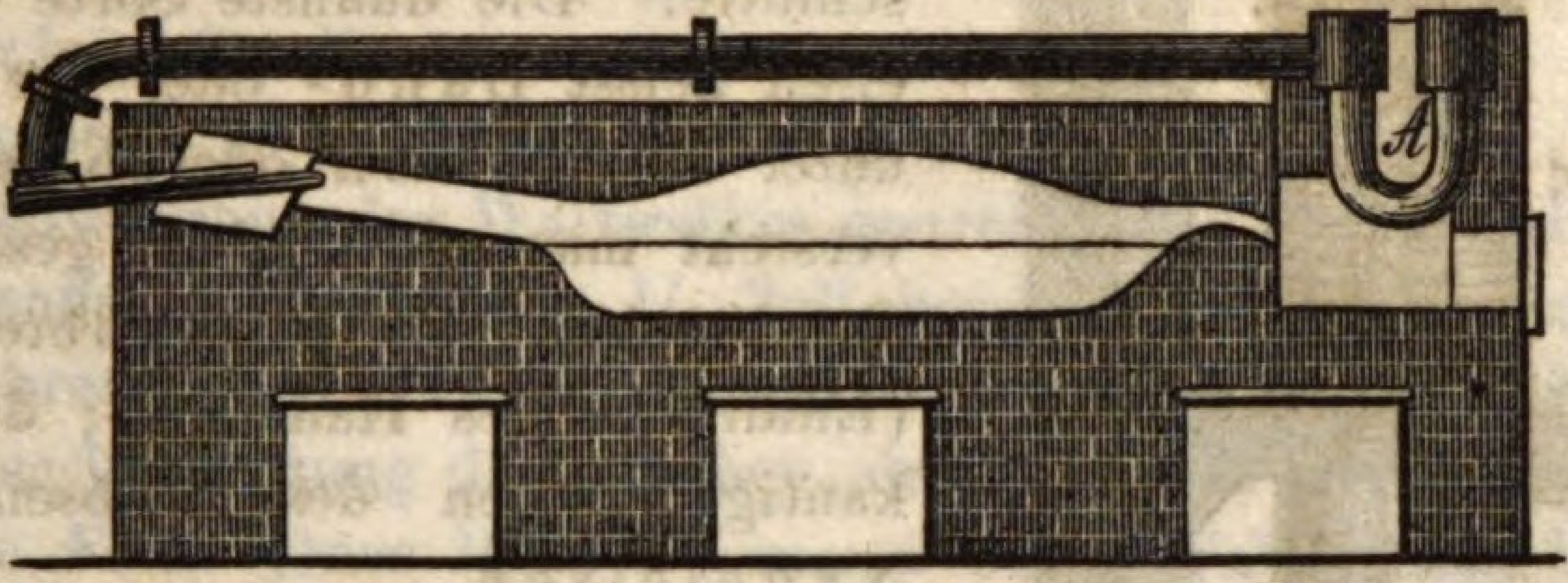
Wo graues oder halbirtes Roheisen zum Puddeln angewendet werden

muss, wird dasselbe vor dem eigentlichen Puddeln durch Einschmelzen im Flammenofen durch das Feinmachen in Feineisen (Feinmetall) verwandelt.

Beiläufig sei bemerkt, dass man jetzt häufig, anstatt den Flammenofen mittelst Steinkohlen und atmosphärischer Luft zu heizen, Gicht-

Mit Gas. gase als Brennmaterial anwendet, welche, wie aus Figur. 51 zu ersehen, in der gebogenen Röhre *A* durch die Wärme des Flammenofens erhitzt werden. Anstatt der Gichtgase wendet man jetzt

Fig. 51.



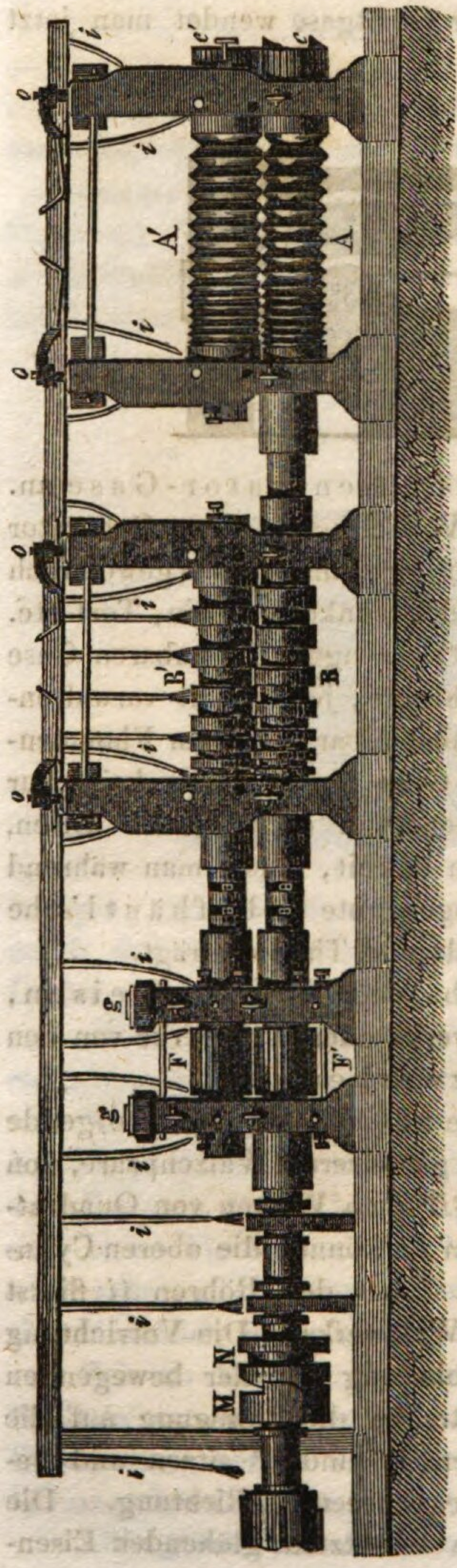

häufig beim Frischen des Eisens in Flammenöfen Generator-Gase an. So nennt man die in einer schachtförmigen Vorrichtung — dem Generator — durch unvollständige Verbrennung von Brennmaterial (gewöhnlich solchem, das wie Holzabfälle, Holzkohlen und Braunkohlenklein, Torf etc. als festes Brennmaterial nicht anwendbar ist) erzeugten brennbaren Gase von ähnlicher Zusammensetzung wie die Gichtgase, jedoch mit vorwaltendem Kohlenoxydgas. Der Generator ist unmittelbar bei dem Flammenofen angelegt, so dass die darin erzeugten Gase fast eben so heiss zur Verbrennung gelangen, als sie aus dem Generator entweichen. Eisen, welches zu viel Phosphor enthält, wird davon befreit, indem man während des Puddelns in das geschmolzene Eisen das sogenannte Schafhäutl'sche Mittel, ein Gemenge von Braunstein, Kochsalz und Thon einträgt.

Verfeinerung des Stabeisens. Man verarbeitet das Stab- oder Schmiedeeisen, das durch den Stirnhammer, durch Quetschwerke oder Walzwerke von den Schlacken befreit worden ist, auf den Walzwerken.

Walzwerk. Ein Walzwerk (Fig. 52 auf Seite 236) hat wesentlich folgende Einrichtung. *BB'* und *AA'* sind cannelirte, gusseiserne Walzenpaare, von denen *AA'* zum Walzen von Flachstäben, *BB'* zum Walzen von Quadratstäben bestimmt sind. Durch die Schrauben *oo* können die oberen Cylinder den unteren beliebig genähert werden. Aus den Röhren *ii* fliesst Wasser auf die sich erhitzenden Theile des Walzwerks. Die Vorrichtung *MN* dient dazu, das Walzwerk ausser Verbindung mit der bewegenden Kraft zu setzen. Die Räder *F* und *c* übertragen die Bewegung auf die Räder *F'* und *c'*, die an den oberen Walzen *A'* und *B'* sitzen und bewirken eine Umdrehung derselben in entgegengesetzter Richtung. Die durch den Hammer in die geeignete Form versetzten glühenden Eisen-

stücke passiren immer kleinere Oeffnungen des Walzwerkes und werden so verdünnt und gestreckt. Sehr dünne Stäbe schneidet man auf den Schneidewerken, welche (Fig. 53 auf Seite 237) aus abwechselnd grösseren und kleineren verstählten Scheiben, die auf eisernen Wellen fest eingekeilt sind, bestehen. Man unterscheidet das Stabeisen in Quadrateisen mit quadratischem Durchschnitte, Flacheisen, dessen Querschnitt ein Rechteck ist mit verschiedenem Verhältnisse von Breite und Dicke, Rundeisen mit kreisförmigem Durchschnitte. Die dünnste Sorte des Flacheisen heisst Band- oder Reifeisen; unter Zaineisen oder Krauseisen versteht man nicht glatt geschmiedetes Quadrateisen mit eingekerbten Flächen (Eindrücke des Hammers); dünne vierkantige Sorten des Stabseisens sind Nageleisen.

Fig. 52.

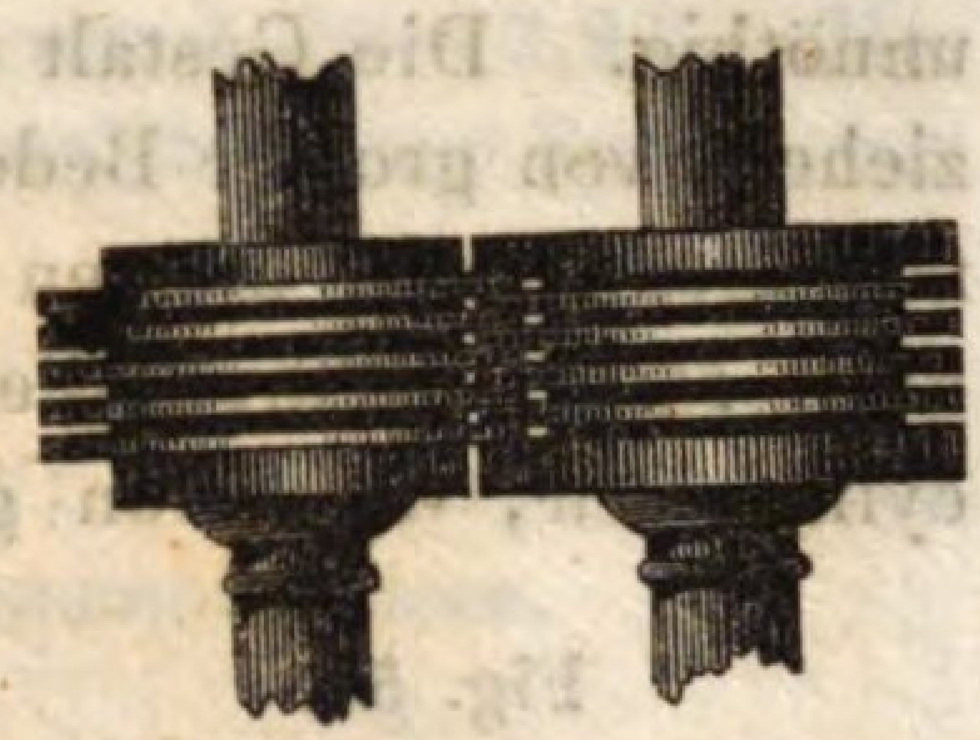


Blechfabrikation.

Das zur Blechfabrikation angewendete Eisen muss weich und dehnbar sein, damit dasselbe die Bearbeitung bei abnehmender Temperatur am längsten aushalte, ohne spröde zu werden. Man unterscheidet grössere und kleinere Bleche. Da die letzteren gewöhnlich verzinnt werden, nennt man auch diese Weissbleche, die grösseren Schwarzbleche. Bei der Anfertigung des Schwarzbleches wird das Stabeisen (Flacheisen) glühend, so wie es aus den Walzen herauskommt, vermittelst der Blechscheere in Stücke (Stürze) zerschnitten, und diese nach dem Erhitzen in einem Flammenofen zwischen glatten Walzen (Blechwalzwerke) gestreckt. Die Stürze gehen viermal durch die Walzen, wobei nach jedesmaligem Druchgange die Walzen enger zusammengeschraubt werden. Bevor die Stürze unter die Walzen kommen, muss das Oxyd (der Glühspan) abgeschlagen werden, damit er sich nicht eindrücke. Früher und auch noch jetzt stellt man in einigen Gegenden das Eisenblech durch Hämmern

dar (geschlagenes Blech); obwohl auf diese Weise die Bleche nicht vollkommen gleichmässig hergestellt werden können, so zieht man sie dennoch zu gewissen Zwecken, wie z. B. zu Dampfkesseln, den gewalzten Blechen vor. Die Anfertigung des Weissbleches ist der des Schwarzbleches ähnlich. Von der Verzinnung des Weissbleches wird bei dem Zinn die Rede sein.

Fig. 53.

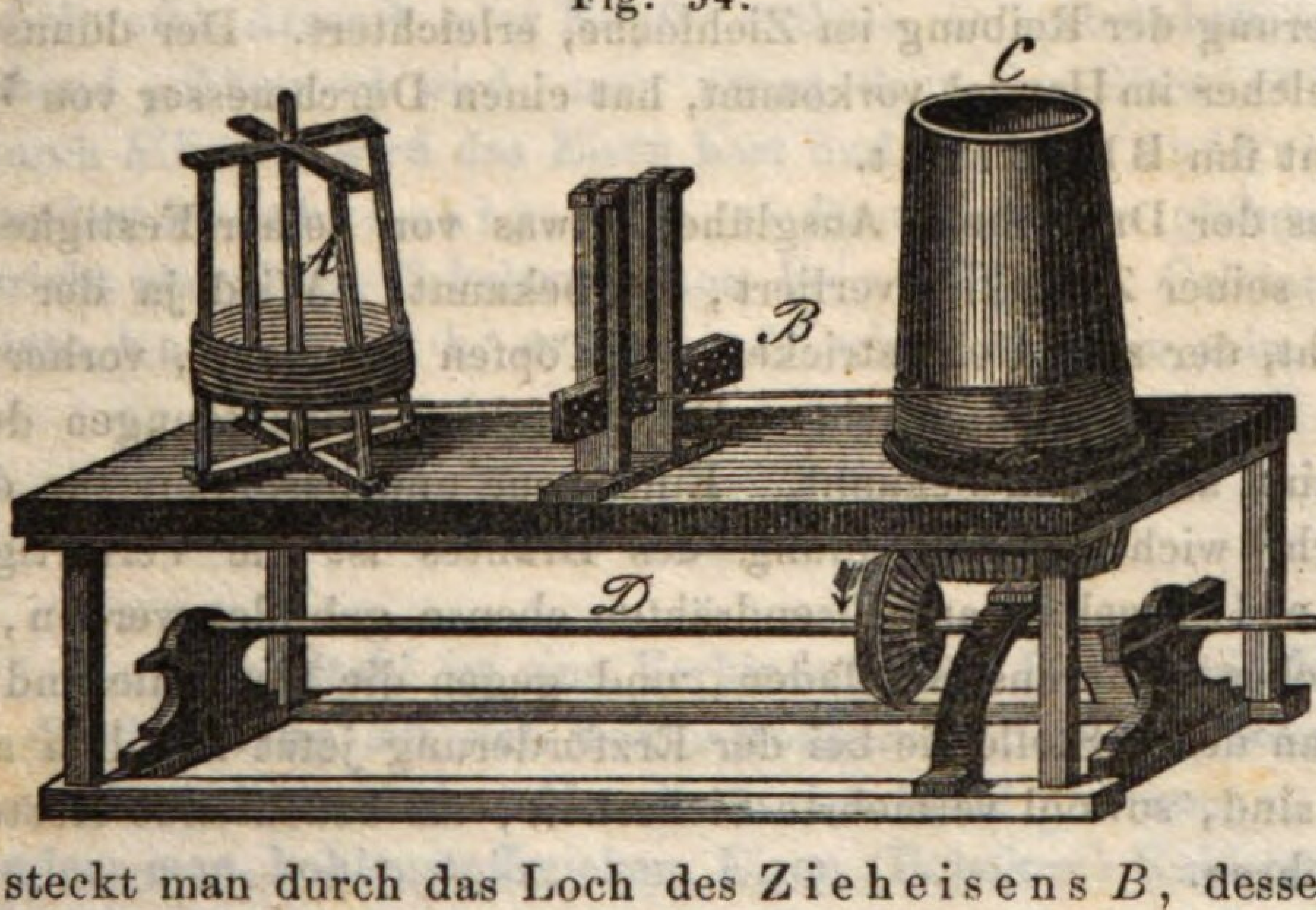


Drahtfabrikation. Zur Drahtfabrikation benutzt man ein zähes, festes, im Bruche fadiges Eisen. Ehedem benutzte man Zangen, mit deren Hülfe man das Eisen durch Löcher zu Draht zog; jetzt wendet man für die gröberen Sorten Walzwerke, für die feineren Sorten Ziehscheiben an.

Die Anwendung des Walzwerkes erstreckt sich nur auf die dickeren Sorten Eisendraht bis etwa zu $^1/_4$ Zoll herab. Ein hierzu anwendbares Walzwerk besteht aus drei Walzen mit correspondirenden runden Rinnen, die bei ihrer Umdrehung die zwischen sie gesteckten Eisenstangen fassen, und in die Form jener Rinnen pressen. Die Walzen des Walzwerkes werden mit solcher Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, dass sie 240 Umläufe in einer Minute machen. Da ihr Durchmesser 8 Zoll beträgt, so ist die Umfangsgeschwindigkeit = 8,37 Fuss in einer Secunde, oder 8 Fuss $4^1/_2$ Zoll Draht kommen in einer Secunde aus den Walzen hervor.

Der feinere Draht wird verfertigt, indem man gröberen Draht durch zweckmässig gestaltete, unbewegliche Oeffnungen in harten Körpern zieht, und dieses Durchziehen in fortschreitend kleineren Löchern wiederholt, bis die erforderliche Feinheit des Drahtes erfolgt ist. Der ausgeglühte Draht, der bis zu $4^1/_2$ Linie im Durchmesser ausgewalzt worden ist, wird auf die Haspel *A* (Fig. 54) gelegt. Das eine vorn etwas zugespitzte Ende des

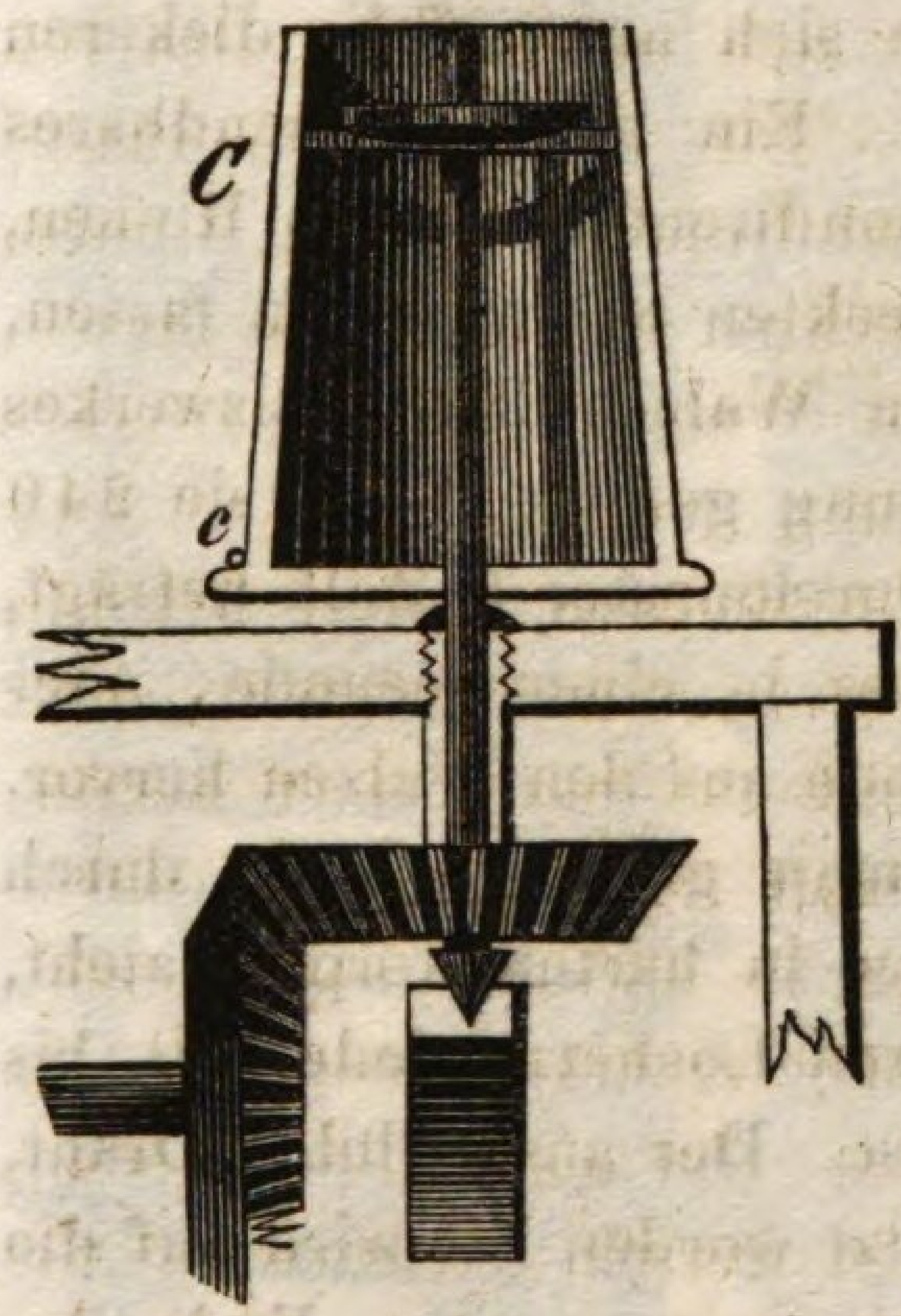
Fig. 54.




Drahtes steckt man durch das Loch des Zieheisens *B*, dessen Durchmesser etwas kleiner als der des Drahtes ist, befestigt ihn an den Haken *c*

(Fig. 55) der konisch geformten Trommel (Ziehscheibe, Leier, Bobine), *C*, welche durch die horizontale Betriebswelle *D* (Fig. 54) und durch in einander eingreifende konische Räder in Bewegung gesetzt wird. Durch eine mechanische Ausrückung kann die Ziehscheibe in Ruhe oder Bewegung gesetzt werden. Der Fig. 55 abgebildete Durchschnitt derselben, so wie die Zeichnung Fig. 54 macht jede weitere Beschreibung unnöthig. Die Gestalt der Ziehlöcher ist für den Erfolg des Drahtziehens von grosser Bedeutung. Zur Erzielung von rundem und gleichmässigem Draht müssen die Ziehlöcher völlig kreisförmig und möglichst glatt sein. Wären die Löcher durch die ganze Dicke der Ziehplatte cylindrisch, d. h. von gleichbleibendem Durchmesser, so würde in den meisten Fällen der durchzuziehende Draht eher abreissen, als sich plötzlich verdünnen lassen. Aus diesem Grunde macht man im Allgemeinen die Löcher trichterförmig. Die Zieheisen bestehen aus Stahl; zum Ziehen feiner Drähte setzt man auch gebohrte Edelsteine an die Stelle der Zieheisen. Der Eisendraht lässt sich kaum öfter als drei bis fünf Mal ziehen, ohne des Glühens bedürftig zu sein. Wird der Draht in nicht ganz verschlossenen Gefässen geglüht, so bildet sich auf der Oberfläche Oxyd, welches vor dem wiederholten Ziehen durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure sorgfältig entfernt werden muss. Man hat gefunden, dass, wenn in der Säure etwas Kupfervitriol aufgelöst wird, die auf dem Eisen sich niederschlagende, äusserst dünne Kupferhaut das nachherige Ziehen, durch Verminderung der Reibung im Ziehloche, erleichtert. Der dünnste Eisendraht, welcher im Handel vorkommt, hat einen Durchmesser von $^1/_{166}$ Zoll, man nennt ihn Bleidraht.

Fig. 55.




Dass der Draht beim Ausglühen etwas von seiner Festigkeit, nicht aber von seiner Zähigkeit verliert, ist bekannt. Wird ja der käufliche Eisendraht, der zum Ueberstricken von Töpfen etc. dient, vorher geglüht, damit er nicht so leicht bricht. Die vielfältigen Benutzungen des Eisendrahtes sind allgemein bekannt. Eine neue und besonders für die Bergwerke sehr wichtige Anwendung des Drahtes ist die Verfertigung der Drahtseile, welche aus Eisendrähten ebenso gebildet werden, wie die gewöhnlichen Taue aus Hanffäden, und gegen die Hanfseile und eisernen Ketten, an deren Stelle sie bei der Erzförderung jetzt ziemlich allgemein getreten sind, sowohl vermehrte Sicherheit, als bedeutende Kostenersparniss gewähren.

Eigenschaften des Stabeisens. Das Stabeisen, Frischeisen, Schmiedeeisen, geschmeidiges Eisen ist ein Aggregat von Fasern, welche nach Fuchs durch Aneinanderreihung von höchst kleinen Krystallen gebildet sind. Durch starke Erschütterungen, Stösse etc. wird der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilchen aufgehoben und die fasrige Textur geht in die körnige über. Es ist von hellgrauer Farbe, körnigem oder zackigem Bruche; sein specifisches Gewicht ist von 7,30—7,91. Der Kohlenstoffgehalt beträgt 0,24—0,84 pCt., von welchem nur Spuren von Kohlenstoff mechanisch beigemengt sind.

Die chemische Untersuchung einiger Stabeisensorten gab folgende Resultate: 1. Englisches Stabeisen aus Süd-Wales; 2. Weiches Stabeisen von Mägdesprung am Harz; 3. Schwedisches Dannemora-Eisen.

| | 1. | 2. | 3. |
|---|---|---|---|
| Eisen | 98,904 | 98,965 | 98,775 |
| Kohlenstoff | 0,411 | 0,400 | 0,843 |
| Silicium | 0,084 | 0,014 | 0,118 |
| Mangan | 0,043 | 0,303 | 0,054 |
| Kupfer | — | 0,320 | 0,068 |
| Phosphor | 0,401 | — | — |

Es ist eigenthümlich für das Schmiedeeisen, dass es im glühenden Zustande in kaltes Wasser getaucht, nicht spröde wird und noch schmiedbar ist. Es ist weit weicher als das weisse und hellgraue Gusseisen, und lässt sich leicht feilen, mit Meissel, Hobelmaschine etc. bearbeiten. Das Schmiedeeisen schmilzt weit schwerer als das Roheisen; in der Weissglühhitze wird es weich, so dass zwei Stücke durch Hammerschläge zu einem einzigen vereinigt werden können. Diese Eigenschaft, welche man die Schweissbarkeit nennt, theilt das Eisen mit dem Platin, Palladium, Kalium und Natrium. — Das durch die Heerdfrischung oder durch Puddeln erhaltene Stabeisen ist mehr oder weniger mit fremden Substanzen verunreinigt. Wenn es Schwefel, Arsenik oder Kupfer enthält, so zerbröckelt es, wenn es rothglühend gehämmert wird, man nennt dann das Eisen rothbrüchig; durch Silicium wird das Eisen hart und mürbe (faulbrüchig), durch Phosphor kaltbrüchig, d. h. es lässt sich zwar glühend verarbeiten, bricht aber beim Erkalten schon beim Biegen. Calcium macht das Stabeisen hadrig, d. h. es hört auf, schweissbar zu sein.

## Der Stahl.

Stahl. Der Stahl ist eine Verbindung des Eisens mit dem Kohlenstoffe, die in Bezug auf den Kohlenstoffgehalt in der Mitte zwischen Roheisen und Stabeisen steht. Man kann den Stahl gewinnen:

I. Indem man kohlenstoffreichem Eisen (Roheisen) Kohlenstoff entzieht.

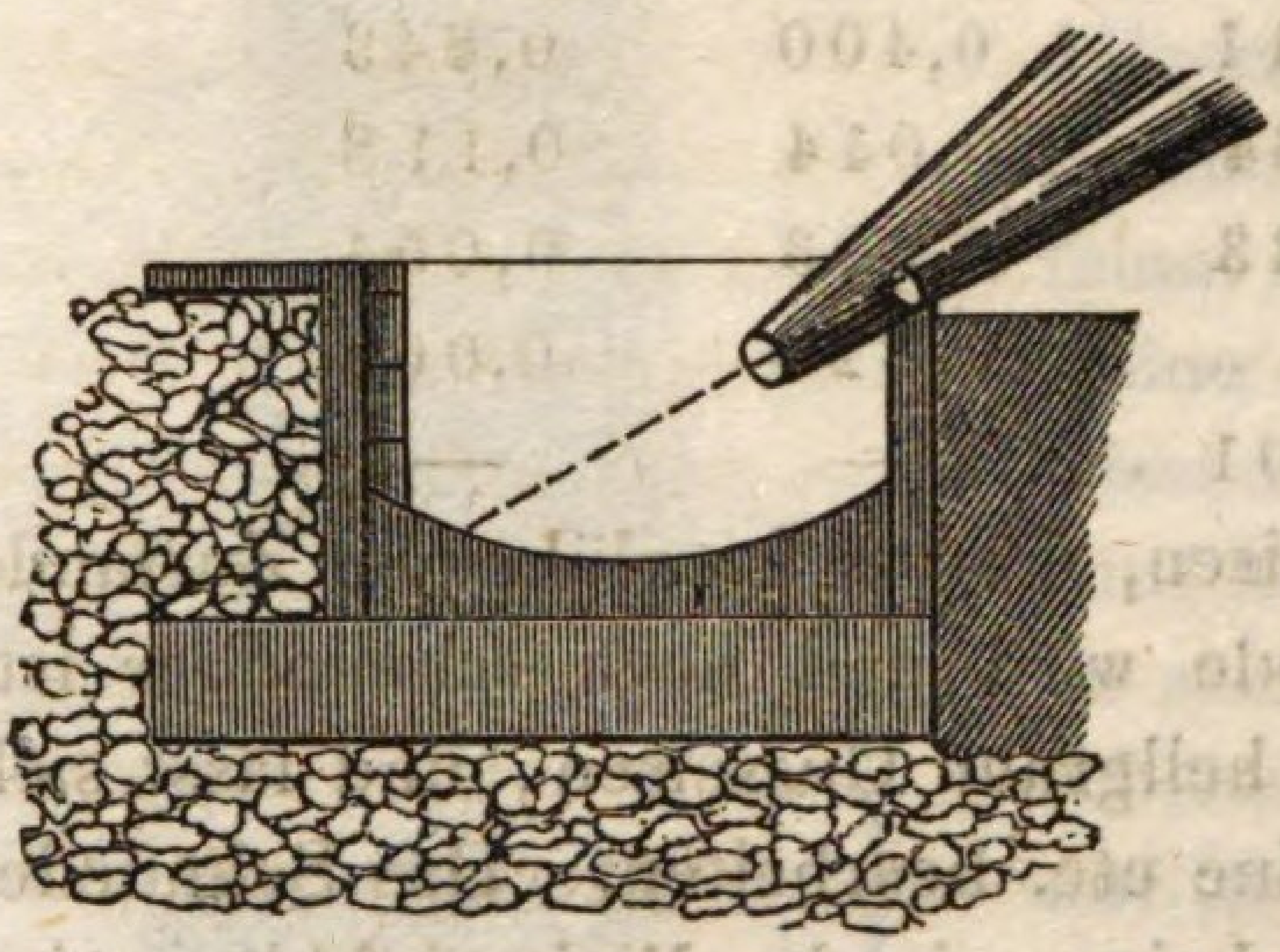
II. Indem man zu kohlenstoffarmem Eisen (Stabeisen) Kohlenstoff hinzufügt.

III. Indem man Roheisen und Schmiedeeisen zusammenschmilzt.

Je nachdem der Stahl nach der ersten oder nach der zweiten Methode dargestellt worden ist, unterscheidet man *Frischstahl* und *Cementstahl* (Brennstahl). Durch Umschmelzen beider Stahlsorten, namentlich des Cementstahles, so wie durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen erhält man den *Gussstahl*. Früher erhielt man den Stahl auch zuweilen direct aus den Eisenerzen (Wolfsstahl, Osemundstahl).

Frischstahl. Den *Frischstahl*, *Rohstahl* (natürlichen Stahl, Schmelzstahl, Mock) erhält man aus weissem Roheisen (vorzüglich aus dem aus Eisenspath erblasenem Spiegeleisen), indem man dasselbe mit Kohle und Schlacke in einer Vertiefung (Fig. 56), ähnlich wie bei der Heerdfrischung, mit der Vorsicht erhitzt, dass die Gebläseluft nicht das Metall, sondern nur die Kohlen trifft. Die Operation darf nicht zu lange fortgesetzt werden, weil sonst aller Kohlenstoff verbrennen und der Stahl in Stabeisen umgewandelt werden würde. Um diesen Stahl gleichförmig zu machen, wird derselbe nach beendigtem Frischen gestreckt, zusammengebogen und wieder gestreckt. Er heisst dann *gegerbter Rohstahl* oder *Gerbstahl*. In der neueren Zeit

Fig. 56.



Puddlingsstahl. hat die Methode, Frischstahl im Puddlingsofen zu erzeugen (Puddelstahl), praktische Bedeutung erlangt, indem man jetzt mit der grössten Sicherheit den Puddlingsprocess in dem Stadium unterbricht, wo dem Roheisen die entsprechende Menge Kohlenstoff entzogen worden ist.

Cementstahl. Der *Cement-* oder *Brennstahl* wird erhalten, indem man Schmiedeeisen (am besten breite Eisenstäbe) in aus feuerfesten Steinen gebauten Cementiröfen mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen längere Zeit mit Sand überschichtet, glüht und im Ofen selbst ein bis zwei Tage lang erkalten lässt. Die kohlehaltigen Substanzen, die sogenannten *Cementirpulver* bestehen aus Kohlenpulver, Asche und Kochsalz. *Clouet* erhielt schon durch einstündiges Glühen von 20 Th. Eisen mit 6 Th. Graphit und 6 Th. Kalkstein guten Stahl. Der durch Cementiren erhaltene Stahl ist nach der Operation brüchig und von blätterigem Gefüge, und ist auf seiner Oberfläche gewöhnlich blasig (daher Blasenstahl). Durch Schmieden wird derselbe von den äusseren überkohlten Theilen befreit und durch Schweissen und Strecken in gleichfömigen *gegerbten*

Durch Leuchtgas. Cementstahl verwandelt. Anstatt das Schmiedeeisen durch Glühen mit Kohle in Stahl zu verwandeln, erzeugte Macintosh Stahl, indem er einen langsam bewegten Strom von aus Steinkohlen dargestelltem Leuchtgas über erhitztes Eisen leitete. Bei der Fabrikation des Stahles durch Cementation kommt es hauptsächlich darauf an, die Operation zur rechten Zeit zu unterbrechen, weil ausserdem durch Aufnahme von zu viel Kohlenstoff Roheisen erzeugt werden würde.

Theorie der Cementstahlbereitung. Aus einer Untersuchung vom Professor Stein in Dresden, über die Theorie der Cementstahlbereitung geht hervor, dass, wie ich bereits vor mehreren Jahren ausgesprochen habe, das Cyan als Träger des Kohlenstoffs bei der Cementstahlbildung angesehen werden muss. Bekanntlich liefert auch Thierkohle ein weit wirksameres Cementirpulver als Holzkohle, da sich aus dem Stickstoff der Thierkohle sogleich Cyan bildet, welches mit dem Eisen zu Cyaneisen zusammentritt. Letzteres wird zersetzt in Kohlenstoffeisen (in diesem Falle: Stahl) und in Stickstoff, welcher, indem er entweicht, die Blasenbildung verursacht. Hierdurch erklärt es sich, warum Cementirpulver nach mehrmaligem Gebrauche untauglich wird. Dasjenige Cementirpulver, das schon von Reaumur als das beste erkannt wurde, und aus 2 Th. Russ, 1 Th. Kohlenstaub, 1 Th. Asche und $^1/_2$ Th. Kochsalz besteht, wirkt nach Stein's Versuchen durch Bildung von Cyankalium. Die Stahlbildung wird jedenfalls erleichtert und beschleunigt, wenn die zur Bildung von Cyankalium nöthigen Bedingungen erfüllt werden, und darum ist es rationell, wie schon Reaumur auf empirischem Wege ermittelt hat, der Holzkohle Holzasche beizumengen.

Gussstahl. Um eine Gleichförmigkeit des Stahls zu erreichen, die durch Gerben nie vollständig erreicht werden kann, schmilzt man denselben in feuerfesten Tiegeln unter einer Decke von Glas und Kohle um. Der geflossene Stahl (der Gussstahl) wird in eiserne Formen gegossen. Eine andere Art Gussstahl stellt man durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Stabeisen dar. Fr. Krupp in Essen ist der erste, dem es gelungen ist, Gussstahl in grossen und durchaus gleichförmigen Stücken von 50 Ctr. und darüber darzustellen, wodurch dem Stahl in viele Industriezweige, in denen man sich bis jetzt mit einem geringeren Material begnügte, Eingang verschafft wird. Man verwendet jetzt den Gussstahl zu Kanonen, Wagenachsen, Walzen, Patentreifen u. s. w.

Verstählen. Oftmals ist es zu gewissen technischen Zwecken hinreichend, weiches Eisen nur auf seiner Oberfläche in Stahl zu verwandeln. Man nennt diese Operation die Verstählung oder die Einsatzhärtung; sie wird ausgeführt, indem man den zu verstählenden Gegenstand auf der Oberfläche mittelst Smirgel reinigt, ihn mit einem kohlehaltigen Cementpulver (vergl. Seite 240) einschichtet und in einem gewöhnlichen Windofen ohne Gebläse glüht. An der Oberfläche verwandelt man das Eisen in Stahl, indem man dasselbe im glühenden Zustande mit Blutlaugensalzpulver oder mit Boraxpulver (nach Payen) überstreut.

Eigenschaften des Stahls.

Stahl ist von graulich-weisser Farbe, wenigem Glanz, körnigem und gleichartigem Bruche. Die körnig zackige Textur des Stahles ist charakteristisch; guter weicher Stahl zeigt nie die grobkörnige Textur des grauen Roheisens, noch das Sehnige des Schmiedeeisens. Gehärteter Stahl gleicht auf seiner Bruchfläche dem feinsten Silber und die Körner sind kaum mit unbewaffnetem Auge zu unterscheiden. Er lässt sich, gleich dem Schmiedeeisen, im glühenden Zustande schneiden und schweissen; nur ist er dabei vorsichtiger zu behandeln, um eine Entkohlung zu vermeiden. Er ist ferner schmelzbar wie das Gusseisen und vereinigt deshalb die Vorzüge desselben mit denen des Schmiedeeisens. Sein specifisches Gewicht variirt zwischen 7,62 — 7,81. Der Kohlenstoffgehalt differirt von 0,9—1,9 pCt. Durch den grösseren Gehalt an Kohlenstoff nimmt die Festigkeit und Härte des Stahls zu. Im glühenden Zustande abgelöscht, gewinnt der Stahl an Härte und Sprödigkeit, so dass er Glas ritzt und der Feile widersteht. Ein polirtes Stahlstück nimmt bei allmäligem Erhitzen nach und nach verschiedene Farben (Anlauffarben) an.

Anlassen des Stahls.

Durch das Erhitzen des Stahls bildet sich nämlich auf der Oberfläche desselben eine dünne Oxydschicht, welche die Farben dünner Schichten zeigt, die wir an den Seifenblasen und dann bemerken, wenn wir einen Tropfen Oel auf Wasser giessen; die wir ferner bei der Metallochromie wahrzunehmen Gelegenheit haben. Man nennt diese Operation, welche das farbige Anlaufen des Stahles zum Zwecke hat, das Anlassen (Nachlassen, Adouciren, Tempern). Zur richtigen Beurtheilung der Temperatur und des davon abhängigen Härtegrades bedient man sich der Anlauffarben. Da es ziemlich schwierig ist, ein Stahlstück gleichmässig zu erwärmen, so bedient man sich zuweilen zu diesem Zwecke der Metallbäder. Man benutzt verschiedene Legirungen von Zinn und Blei, die man bis auf ihren Schmelzpunkt erhitzt. In das geschmolzene Metall wird der glasharte Stahl so lange eingetaucht, bis er die Temperatur des Metallbades angenommen hat. Folgende Tabelle giebt die Zusammensetzung der Metallbäder, wie sie für das Anlassen schneidender Stahlinstrumente durch Erfahrung am zweckmässigsten befunden worden ist:

| Name des Instrumentes. | Metallbad. | | Schmelzpunkt. | Anlauffarbe. |
|---|---|---|---|---|
| | Pb. | Sn. | | |
| Lanzetten | 7 | 4 | 216° | Kaum blassgelb. |
| Rasirmesser | 8 | 4 | 228° | Blassgelb bis strohgelb. |
| Federmesser | 8½ | 4 | 232° | Strohgelb. |
| Scheeren | 14 | 4 | 254° | Braun. |
| Aexte, Hobeleisen, Taschenmesser | 19 | 4 | 265° | Purpurfarbig. |
| Klingen, Uhrfedern | 48 | 4 | 288° | Hellblau. |
| Dolche, Bohrer, feine Sägen | 50 | 2 | 292° | Dunkelblau. |
| Hand-, Stichsägen | in kochendem Leinöl | | 322° | Schwarzblau. |

Je niedriger man den Stahl erhitzt, um so härter, aber auch um so spröder bleibt er. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass noch andere Substanzen als Kohle, Eisen in Stahl umzuwandeln vermögen; das Härten des Eisens mittelst Borax deutet darauf hin, dass der Kohlenstoff durch das der Kohlenstoffgruppe angehörige Bor, vielleicht auch durch Silicium (als Siliciumgraphit) ersetzt werden könne. Ferner ist es ausser allem Zweifel, dass

Stahl mit andern Metallen. ausser dem Kohlenstoff Beimengungen anderer Metalle dem Stahl vorzügliche Eigenschaften ertheilen können, so erzeugt man durch Zusammenschmelzen von 500 Th. Stahl mit 1 Th. Silber den Silberstahl. Nach Fischer, Faraday und Stodart lassen sich auch Rhodium-, Mangan-, Chromstahl u. s. w. mit schwätzenswerthen Eigenschaften darstellen. Nach Elsner wird aber der Stahl nicht durch den Zusatz anderer Metalle, sondern einzig und allein durch das Umschmelzen verbessert. Eine berühmte Sorte des Stahls ist der Da-

Damascenerstahl. mascenerstahl, welcher die Eigenschaft besitzt, wenn seine Oberfläche mit Säuren geätzt wird, ungleichförmige Adern (Damascirung) zu zeigen; auch durch Umschmelzen verliert er diese Eigenschaft nicht. Man hat sie durch die Annahme zu erklären gesucht, dass der Kohlenstoff mit dem Eisen in verschiedener Weise verbunden sei, und dass diese verschiedenen Kohlenstoffverbindungen je nach ihrer grösseren oder geringeren Neigung zu krystallisiren sich trennen. Dieser Stahl (auch Wootz genannt) wird in Ostindien von den Eingebornen dargestellt, indem das nach einem sehr unvollkommenen Processe dargestellte Roheisen in zerhacktem Zustande mit 10 pCt zerschnittenem Holze der Cassia auriculata gemengt, das Gemenge in Schmelztiegel gebracht und darin mit Blättern der Asclepias gigantea bedeckt wird; die Tiegel werden mit feuchtem Thon verstrichen und in einem Ofen bei möglichst niederer Temperatur ungefähr $2^1/_2$ Stunde lang erhitzt. Der erhaltene Aluminium haltige Stahl wird vor dem Ausschmieden nochmals erhitzt.

Stahlstich. Zum Graviren und Aetzen von Stahl (Siderographie) benutzt man Platten aus Gussstahl, entkohlt sie auf der Oberfläche, um sie zum Graviren geeignet zu machen und verwandelt sie nach dem Graviren wieder in Stahl. Eine solche Platte dient als Matrize, um mittelst derselben Patrizen anzufertigen, die zur beliebigen Uebertragung des Stiches auf andere Platten benutzt werden. Zur Anfertigung der Patrizen dient eine Walze aus Gussstahl, die eine so grosse Oberfläche besitzen muss, dass diese die Platte gerade bedeckt. Die Walze wird auf der Oberfläche entkohlt und sodann gegen die Matrize gepresst, so dass die Zeichnung erhaben auf der Patrize zum Vorschein kommt. Die Patrize wird darauf gehärtet und kann nun benutzt werden, um auf Kupfer oder weich gemachte Stahlplatten die Zeichnung zu übertragen. Anstatt des Gravirens der Platten wendet man auch das Aetzen an, zeichnet wie gewöhnlich und ätzt sodann die Zeichnung in den Stahl mittelst einer Aetzflüssigkeit ein; als solche benutzt man Salpetersäure, oder salpetersaures

Silberoxyd oder schwefelsaures Kupferoxyd. Eine vorzügliche Aetzflüssigkeit ist eine Auflösung von 2 Th. Jod und 5 Th. Jodkalium in 40 Theilen Wasser.

## Das Blutlaugensalz und Berliner Blau.

Blutlaugensalz. Gelbes Blutlaugensalz, Ferrocyankalium, Kaliumeisencyanür, blausaures Eisenoxydul-Kali oder Blausalz ist ein in technischer Beziehung überaus wichtiger Körper. Das Blutlaugensalz krystallisirt in grossen, blass citronengelben Prismen, die luftbeständig sind, bitterlich süss schmecken, sich in 4 Th. kaltem und 2 Th. siedendem Wasser, aber nicht in Alkohol lösen.

Es besteht in 100 Theilen aus:

37,03 Kalium,
17,04 Kohlenstoff } Cyan,
19,89 Stickstoff }
13,25 Eisen,
12,79 Wasser,

und wird betrachtet entweder als eine Verbindung von Ferrocyan (Fe, 3 $C_2$ N = Cfy) mit Kalium und Wasser: Cfy, 2 K + 3 HO, oder als eine Verbindung von Eisencyanür ($FeC_2$ N = FeCy) mit Cyankalium und Wasser: Fe Cy + 2 K Cy + 3 HO.

Bei der Temperatur des siedenden Wassers verlieren die Krystalle ihr Wasser. Im Grossen stellt man das Blutlaugensalz dar, indem man stickstoffhaltige Kohle, wie die aus Horn, Blut, Klauen, Lederabschnitten, mit Potasche in eisernen Gefässen zusammenschmilzt. Man nimmt entweder auf 100 Th. Potasche 75 Th. einer solchen Kohle, oder nach Runge auf 100 Th. Potasche 400 Th. Hornkohle und 10 Th. Eisenfeile. Man nimmt das Schmelzen entweder in bedeckten Tiegeln oder in ovalen, flachen Kesseln in Flammenöfen unter bisweiligem Umrühren vor, bis die anfänglich stark schäumende Masse ruhig fliesst; die erhaltene schwarze Masse, die sogenannte Schmelze, wird mit siedendem Wasser ausgezogen. Die Flüssigkeit heisst die Rohlauge oder Blutlauge. Aus ihr krystallisirt beim Erkalten Blutlaugensalz heraus, das durch Umkrystallisiren gereinigt wird.

Die Theorie der Bildung des Blutlaugensalzes ist folgende: Es treten kohlensaures Kali, schwefelsaures Kali, stickstoffhaltige Kohle und Eisen in Wechselwirkung. Durch die Einwirkung der Kohle entsteht Kalium und Schwefelkalium. Letzteres giebt seinen Schwefel an das Eisen ab und bildet Schwefeleisen, während zugleich der Stickstoff der Kohle durch Veranlassung des Kaliums mit dem Kohlenstoff Cyan bildet, welches mit dem Kalium zu Cyankalium zusammentritt. Beim Auslaugen der Schmelze mit Wasser zersetzen sich Cyankalium und Schwefeleisen gegenseitig, wodurch Blutlaugensalz und Schwefelkalium entsteht, welches aufgelöst in

der Mutterlauge zurückbleibt. v. Liebig hat nachgewiessen, dass in der Schmelze nur Cyankalium und das Eisen, nicht aber Blutlaugensalz enthalten ist. Erst durch Behandeln der Schmelze mit Wasser oder durch die Einwirkung von feuchter Luft erzeugt sich Blutlaugensalz. Häufig setzt man bei dem Schmelzprocesse Leder, getrocknetes Blut etc. unverkohlt zu, was den Vortheil hat, dass das sich entwickelnde Ammoniak die Bildung von Cyankalium veranlasst. Man hat auch versucht durch die Einwirkung von Ammoniak auf glühendes kohlensaures Kali, so wie unter Mitwirkung des Stickstoffs der atmosphärischen Luft Cyankalium zu erzeugen. Letztere Methode besteht darin, dass man mit 30 pCt. kohlensaurem Kali getränkte, gepulverte Holzkohle in stehenden, weiten, thönernen Cylindern 10 Stunden lang in der Weissglühhitze erhält und Luft durchleitet. Die durchgeglühte Kohle wird mit gepulvertem Spatheisenstein gemengt und ausgelaugt. Es hat indessen nicht den Anschein, als ob dieses neue Verfahren für jetzt, das ältere zu verdrängen, geeignet wäre.

Anwendung des gelben Blutlaugensalzes.

Das gelbe Blutlaugensalz dient in der Technik zur Darstellung des rothen Blutlaugensalzes, des Berliner Blaues, des Cyankaliums, in der Färberei zur Erzeugung von Blau und Braunroth, so wie zur oberflächlichen Umwandelung des Eisens in Stahl (Einsatzhärtung). In der neueren Zeit ist es auch zur Fabrikation von Schiesspulver (vergl. Seite 31) empfohlen worden.

Rothes Blutlaugensalz.

Das rothe Blutlaugensalz, Ferridcyankalium, Kaliumeisencyanid oder Gmelins Salz ist ein ebenfalls in der Färberei häufig angewendeter Körper. Dieses Salz krystallisirt in wasserfreien, schönen, rothen Säulen, die sich in 4 Th. Wasser lösen.

Es besteht in 100 Theilen aus:

| | | |
|---|---|---|
| 35,58 | Kalium, | |
| 21,63 | Kohlenstoff | Cyan, |
| 25,54 | Stickstoff | |
| 17,29 | Eisen, | |

und wird betrachtet entweder als eine Verbindung von Ferridcyan ($2\,Fe + 6\,C_2N = 2\,Cfy$) mit Kalium: $2\,Cfy, 3\,K$, oder als eine Verbindung von Eisencyanid ($2\,Fe, 3\,C_2N = Fe_2\,Cy_3$) mit Cyankalium: $Fe_2\,Cy_3 + 3\,K\,Cy$.

Man stellt es dar, indem man entweder durch eine Lösung des gelben Blutlaugensalzes Chlorgas leitet, bis Eisenoxyd nicht mehr gefällt wird, und die Lösung zum Krystallisiren abdampft; oder auf trocknem Wege, indem man fein zerriebenes gelbes Blutlaugensalz der Wirkung von Chlorgas aussetzt, wobei es häufig umgerührt, oder in einem Fasse, welches sich langsam um seine Axe dreht, und in welches man das Chlorgas einleitet, bewegt werden muss. Sobald man bemerkt, dass das Chlor unabsorbirt durch die Masse hindurchgeht, muss die Operation unterbrochen, und das Pulver der Wirkung des Chlors entzogen werden. Man löst es dann in

möglichst wenig Wasser; rothes Blutlaugensalz krystallisirt heraus, während Chlorkalium gelöst bleibt:

$$\underbrace{2\,(2\,K\,Cy + Fe\,Cy)}_{\text{Gelbes Blutlaugensalz}} + Cl = ClK + \underbrace{(Fe_2\,Cy_3 + 3\,K\,Cy)}_{\text{Rothes Blutlaugensalz}}$$

Das rothe Blutlaugensalz dient hauptsächlich zum Blaufärben von Wollstoffen und als Aetzmittel in der Kattundruckerei.

Cyankalium. Das Cyankalium oder blausaure Kali (KCy) findet in der galvanischen Vergoldung und als Reductionsmittel vielfache Anwendung. Es steht zu erwarten, dass diese Verbindung bald im Grossen und billiger dargestellt werden wird, um eine ausgedehntere Anwendung zu erlangen. Man erhält es, indem man getrocknetes Blutlaugensalz in einem Porcellantiegel erhitzt, so lange noch Stickstoffgas entweicht. Am Boden des Tiegels sondert sich Kohleneisen ab, während das darüber stehende Cyankalium abgegossen wird ($2\,CyK, Fe\,Cy = 2\,KCy + Fe\,C_2 + N$). Aus 10 Th. Blutlaugensalz erhält man 7 Th. Cyankalium. Dass Cyankalium als Hohofenproduct sich bildet, ist Seite 225 angegeben worden. Nach Liebig's Methode erhitzt man ein Aeq. Blutlaugensalz mit einem Aeq. kohlensaurem Kali. Zehn Theile Blutlaugensalz geben nach diesem Verfahren 8,8 Th. Cyankalium, das mit 2,2 Th. cyansaurem Kali gemengt ist. Für technische Zwecke ist ein Gemenge von Cyankalium mit Cyannatrium (Cyansalz genannt) bedeutend wohlfeiler. Man stellt es dar, indem man 8 Th. trocknes gelbes Blutlaugensalz mit 2 Th. trocknem kohlensauren Natron zusammenschmilzt. Die Masse schmilzt sehr bald und das Eisen des Blutlaugensalzes sondert sich vollständig und leicht von der dünnflüssigen Masse ab. Das so dargestellte Cyansalz wird an der Luft minder leicht zersetzt als das Cyankalium und lässt sich bei weit niedrigerer Temperatur darstellen.

Nitroprussidnatrium. Das Nitroprussidnatrium, eine von Playfair zuerst dargestellte Verbindung, die man erhält, indem man Salpetersäure in der Wärme auf gelbes Blutlaugensalz einwirken lässt, bildet rubinrothe Krystalle, deren Lösung mit löslichen Schwefelmetallen eine prächtig purpurrothe Flüssigkeit bildet.

Berliner Blau. Berliner Blau, Pariser Blau, Eisencyanürcyanid. Das Berliner Blau wurde im Jahre 1704 von Diesbach in Berlin entdeckt.

Man unterscheidet drei verschiedene Sorten Berlinerblau, die sich von einander durch ihre Bereitungsweise und ihre Zusammensetzung unterscheiden, nämlich das neutrale, das basische Berlinerblau und ein Gemisch von beiden.

Das neutrale Berlinerblau (Pariserblau, Erlangerblau, Hamburgerblau) wird erhalten, indem man eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz in eine Lösung von Eisenchlorid oder in die eines Eisenoxydsalzes giesst.

Es bildet sich ein prächtig blauer, sehr voluminöser Niederschlag,

welcher sich nur schwierig auswaschen lässt und stets eine gewisse Menge gelbes Blutlaugensalz enthält, das durch Auswaschen nicht entfernt werden kann.

Das basische Berlinerblau entsteht durch Fällen von gelbem Blutlaugensalz mit Eisenoxydullösung, wodurch ein weisser Niederschlag von Eisencyanür entsteht, welcher an der Luft oder durch oxydirende Agentien blau wird, indem ein Theil des Eisens sich oxydirt, wodurch ein anderer Theil Eisencyanür jenes Cyan aufnimmt und dadurch in Cyanid übergeht, welches sich mit dem übrig gebliebenen Cyanür zu Berlinerblau vereinigt, welchem Eisenoxyd beigemischt ist. Man giebt an, das basische Berlinerblau unterscheide sich von dem neutralen dadurch, dass es im Wasser löslich sei. Diess ist insofern nicht richtig, als die Löslichkeit dieser Verbindung durch einen Gehalt an Blutlaugensalz bedingt ist.

Da man im Fabrikbetriebe aber weder reines Eisenoxydul- noch ein reines Eisenoxydsalz anwendet, sondern immer ein oxydhaltiges Eisenoxydulsalz, so besteht der Niederschlag anfangs immer aus einem Gemenge von neutralem Berlinerblau mit weissem Eisencyanür, welches später in basisches Berlinerblau übergeht. Das Berlinerblau des Handels ist daher immer ein Gemisch von neutralem mit basischem Berlinerblau in wechselnden Verhältnissen.

Als Eisenoxydulsalz wendet man allgemein Eisenvitriollösung an, die durchaus frei von Kupfer sein muss, indem Kupfersalze mit Blutlaugensalz einen chocoladebraunen Niederschlag geben.

Nach dem älteren Verfahren löst man den Eisenvitriol und den Alaun in siedendem Regen- oder Flusswasser, klärt die Flüssigkeit durch Decantiren und schüttet sie noch heiss unter beständigem Umrühren in die heisse Blutlauge, so lange als noch ein Niederschlag erfolgt. Man zieht die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit ab und ersetzt sie durch frisches Wasser, lässt wieder absetzen und fährt damit fort, bis alles schwefelsaure Kali entfernt ist. Man bringt nun den Niederschlag auf Seihetücher zum Abtropfen und unterwirft ihn dann der Anfeuerung. Zu diesem Zwecke erhitzt man den im Wasser suspendirten Niederschlag bis zum Sieden, setzt dann Salpetersäure hinzu, kocht noch einige Minuten, entleert das Ganze in einen Bottich, setzt englische Schwefelsäure hinzu. Nach Verlauf von einigen Tagen wird der unterdessen blau gewordene Niederschlag ausgewaschen, an der Luft etwas getrocknet, ausgepresst, in kleine länglich viereckige Stückchen zerschnitten, in schwach geheizten Trockenkammern getrocknet und zuletzt in einem bis auf etwa 80$^0$ geheizten Raume getrocknet. Da sich das Berlinerblau nach dem Austrocknen nur mit grosser Schwierigkeit in den Zustand feinster Zertheilung zurückführen lässt, den es frisch gefällt hatte, so bringt man es auch als Teig (en pâte) in den Handel.

Die dem Berlinerblau beigemengte Thonerde hat sich aufs innigste mit dem Blau gemischt und vergrössert so die Quantität, ohne die Inten-

sität der Farbe zu beeinträchtigen. Sind dem Berlinerblau grössere Mengen von Thonerde beigemengt, so wird seine Farbe natürlich lichter und es heisst dann Mineralblau, obgleich man unter dieser Benennung auch zu Pulver zerriebene Kupferlasur oder durch Fällung von salzsaurem oder salpetersaurem Kupferoxyd erzeugtes, mit Kalk verunreinigtes Kupferoxyd versteht. —

Nach neueren Angaben lässt sich das Berlinerblau auf folgende Weise am besten herstellen:

Erstes Verfahren. Es beruht auf der Anwendung des Chlors im Königswasser zur Zersetzung des weissen Niederschlages, in bekannter Weise aus Blutlaugensalz und Eisenvitriol dargestellt. Der Eisenvitriol muss möglichst oxydfrei sein. Es muss ferner die Blutlaugensalzlösung noch heiss niedergeschlagen werden, damit eine Oxydation des Niederschlages und die dadurch herbeigeführte vorzeitige Bläuung desselben so viel als thunlich vermieden werde. Deshalb muss auch der weisse Niederschlag sogleich und zwar möglichst schnell abfiltrirt werden. Nur das durch oxydirende Einwirkung des Chlors, der Salpetersäure etc. auf den weissen Niederschlag entstandene Blau besitzt die erforderliche Intensität der Farbe, während der an der Luft blau gewordene Niederschlag, selbst wenn er durch Digestion mit Salzsäure von dem beigemengten Eisenoxydhydrat befreit wurde, stets eine wenig ausgiebige Farbe liefert. Das Auswaschen und Trocknen erfolgt wie gewöhnlich.

Zweites Verfahren. Hierbei geschieht das Anbläuen des weissen Niederschlages durch Eisenchlorid, welches dadurch zu Eisenchlorür reducirt wird, dass man darauf anstatt des Eisenvitriols zur Herstellung des weissen Niederschlages benutzt.

Das dritte vorgeschlagene Verfahren gründet sich darauf, dass das Anbläuen des weissen Niederschlages auch durch eine Auflösung von Manganchlorid ($Mn_2\,Cl_3$) zu bewirken ist. Das Vortheilhafte dieser Methode ist lediglich durch lokale Verhältnisse bedingt. Da der Handelswerth der Manganerze von ihrem Gehalte an Mangansuperoxyd abhängt, die gewöhnlichen Erze aber meistens ziemlich viel Manganoxyd beigemengt enthalten, das denselben durch Salzsäure in der Kälte entzogen werden kann, so liesse sich durch Digestion der Manganerze mit Salzsäure der Handelswerth derselben steigern und zu gleicher Zeit ein Anbläuungsmittel für die Fabrikation von Berlinerblau gewinnen.

Viertes Verfahren. Auch eine Auflösung von Chromsäure lässt sich zum Anbläuen des weissen Niederschlages anwenden, indessen ist auch diese Methode nur unter gewissen Bedingungen anzuempfehlen, da das sich bildende Chromoxydsalz in der Regel schwer zu verwerthen sein wird.

Turnbull's Blau. Turnbull's Blau. Wird eine Lösung von rothem Blutlaugensalz mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul vermischt, deren Menge jedoch nicht zu vollständiger Zersetzung des rothen Blutlaugensalzes hinreicht, so erhält man den in England unter dem obigen Namen bekannten Niederschlag, der wesentlich aus $Fe_2\,Cy_3 + 3\,Fe\,Cy$ besteht, ausserdem auch noch chemisch gebundenes gelbes Blutlaugensalz enthält.

Es ist wiederholt vorgeschlagen worden, Berlinerblau aus den Nebenproducten der Gasfabrikation aus Steinkohlen darzustellen, so aus dem ammoniakalischen Wasser und aus dem Kalk, womit das Steinkohlengas gereinigt worden ist. Dieser Gaskalk enthält nicht nur Cyancalcium und Cyanammonium, sondern auch ziemlich viel freies Ammoniak. Um letzteres besonders zu gewinnen, setzt man den Gaskalk Wasserdämpfen aus und leitet das sich entwickelnde Ammoniak in Schwefelsäure. Das Zurückbleibende wird mit Wasser ausgelaugt.

Die Lauge enthält die Cyanverbindungen gelöst; aus ihr wird auf gewöhnliche Weise Berlinerblau erzeugt. Nach Versuchen von Krafft geben 1000 Kilogr. Gaskalk, nach dem angegebenen Verfahren behandelt, 12—15 Kilogr. Berlinerblau und 15—20 Kilogr. Ammoniaksalz.

Lösliches Berlinerblau. Lösliches Berlinerblau. Da das gewöhnliche Berlinerblau seiner Unlöslichkeit im Wasser wegen nur als Deckfarbe Anwendung finden kann, das basische Berlinerblau aber nur bei Gegenwart von Blutlaugensalz sich löst, so ist die Entdeckung, dass reines Berlinerblau sich in Oxalsäure löse und in dieser Gestalt als Saftfarbe Anwendung finden könne, für die Farbentechnik von grosser Wichtigkeit. Nach dem von den Entdeckern angegebenen Verfahren soll man das Berlinerblau 1—2 Tage lang mit concentrirter Salzsäure, oder auch mit concentrirter Schwefelsäure, welche letztere nach dem Vermischen mit dem Berlinerblau mit einem gleichen Quantum Wasser verdünnt wird, digeriren, darauf die Säure beseitigen, das Berlinerblau vollständig auswaschen, trocknen und in Oxalsäure lösen. Das zweckmässigste Mengenverhältniss zur Darstellung einer haltbaren Lösung besteht in 8 Th. mit Schwefelsäure behandeltem Berlinerblau, 1 Th. Oxalsäure und 256 Th. Wasser.

Nach anderen Angaben erhält man in Wasser vollkommen und leicht lösliches Berlinerblau 1) durch Fällen einer wässerigen Lösung von Eisenjodür mit Blutlaugensalz, so dass letzteres jedoch im Ueberschusse bleibt, 2) durch Vermischen einer Lösung von Eisenchlorid in ätherhaltigem Weingeist mit wässeriger Blutlaugensalzlösung.

Reines Berlinerblau ist dunkelblau, hat einen kupferähnlichen Glanz und Strich, ist in Wasser und Alkohol unlöslich und wird durch alkalische Lösungen und concentrirte Säuren, sowie durch Erhitzen zersetzt. Je leichter und lockerer, um so besser ist es. Man verwendet es besonders in der Wassermalerei und als Leimfarbe, seltener in der Oelmalerei. Die vorzüglichste Anwendung findet das Berlinerblau in der Färberei für Wolle und Baumwolle und in der Zeugdruckerei. Das Verfahren, es auf Seide anzuwenden, heisst von seinem Erfinder *Bleu-Raymond*.

Wie schon angeführt, enthält das Berlinerblau häufig Thonerde, den geringeren und helleren Sorten (dem Mineralblau) sind ausserdem Schwerspath und gefällter schwefelsaurer Baryt (Barytweiss), Kaolin, Zinkweiss und Magnesia beigemengt. Nach den Angaben von Pohl soll das Berlinerblau in neuerer Zeit mit Stärkekleister, der mit Jodtinctur gebläut ist, vermischt, im Handel vorkommen.

## Die Kobaltfarben.

Kobaltfarben. Das Kobalt kommt in der Natur hauptsächlich als Speiskobalt Co As und als Glanzkobalt Co As + Co $S_2$ vor. Die gerösteten Kobalterze, welche von den Porcellan-, Glas- und Fayencefabrikanten gekauft werden, führen die Namen Safflor, Zaffer, Kobaltsafflor. Je nach ihrer Reinheit unterscheidet man ordinäre

(OS), mittlere (MS) und feine (FS und FFS) Safflore. Sie bestehen wesentlich aus Kobaltoxyd, -oxydul, Arsen, Nickel, mit Spuren von Eisen-, Mangan-, Wismuthoxyd u. s. w. Die Safflore werden zur Darstellung der Kobaltfarben angewendet. In Schweden stellt man Safflor durch Fällen einer Lösung von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit einer Lösung von kohlensaurem Kali dar. Man stellt aus dem Safflore dar: die Smalte, das Kobaltultramarin und das Rinmann'sche Grün.

Smalte. Es ist bekannt, dass Gläser durch Kobaltverbindungen blau gefärbt werden. Schmelzt man Zaffer (unreines Kobaltoxydul) mit Kieselerde und Kali zusammen, so erhält man ein intensiv blaues Glas, das im fein gemahlenen Zustande unter dem Namen Smalte oder blaue Farbe bekannt ist. Der Erfinder derselben ist der böhmische Glasmacher Christoph Schürer, welcher in der Mitte des 16. Jahrhunderts lebte. Er verkaufte sein Geheimniss den Engländern, welche Farbemühlen anlegten und das Kobalt aus Sachsen kommen liessen. Zu gleicher Zeit entstanden in Böhmen 11 Farbemühlen. Alle diese Werke gingen aber ein, als Churfürst Joh. Georg I. die Kobaltausfuhr in Sachsen verbot und selbst die noch bestehenden Farbenwerke bei Schneeberg anlegte.

Man stellt die Smalte auf den Blaufarbenwerken dar, indem man die gerösteten Kobalterze mit Quarzsand und Potasche in Tiegeln in einem Glasofen zusammenschmilzt; das erhaltene Glas wird, so wie es aus dem Ofen kommt, abgelöscht, wodurch es mürbe wird und zerfällt. Darauf wird das Glas in Pochwerken gepocht und mit Wasser auf Mühlen fein gemahlen. Das fein gemahlene Pulver lässt man mit Wasser in Waschfässern stehen, was sich zuerst absetzt, ist das grössere Streublau (Streusand), das auf die Mühle zurückgegeben oder in den Handel gebracht wird. Aus der trüben Flüssigkeit setzen sich nach und nach ab Couleur (gröberes Pulver), Eschel und Sumpfeschel. Durch wiederholtes Mahlen und Auswaschen stellt man aus der gewöhnlichen Smalte verschiedene Sorten dar. Die beste, d. h. die kobaltreichste Sorte Smalte heisst Königsblau. Eigenthümlich ist es, dass das Kobaltoxydul (CoO), dessen Salze (auch das kieselsaure Kobaltoxydul CoO, $SiO_3$) sonst eine rothe Färbung besitzen, in der Smalte Tiefblau erzeugt. Eine Reihe von R. Ludwig in Schwarzenfels ausgeführter Versuche hat gezeigt, dass die färbende Substanz der Smalte das Kali-Kobaltoxydul-Silicat CoO, 2 Si $O_3$ + KO, 2 Si $O_3$ ist, in welchem sich der Sauerstoff der Säure zu dem der Base wie 6 : 1 verhält.

Ludwig fand in 100 Theilen

| | norwegischer Smalte | deutscher Smalte | |
|---|---|---|---|
| | (höhere Couleur) | (hohe Eschel) | (grobe blasse Couleur) |
| Kieselerde | 70,86 | 66,20 | 72,11 |
| Kobaltoxydul | 6,49 | 6,75 | 1,95 |
| Kali und Natron | 21,41 | 16,31 | 1,80 |
| Thonerde | 0,43 | 8,64 | 20,04. |

Ausserdem fanden sich kleine Mengen von Eisenoxydul, Kalk, Nickeloxydul, Arseniksäure, Kohlensäure und Wasser.

Da bei dem Rösten der Kobalterze das Rösten nicht lange genug fortgesetzt wird, um das in den Erzen enthaltene Nickel zu oxydiren, so schmilzt dieses Metall in den Häfen mit den noch vorhandenen Metallen zusammen, welche Kobaltspeise genannt wird.

Kobaltspeise.

Eine Probe derselben von Oberschlema bei Schneeberg gab mir bei der Analyse:

| | |
|---|---|
| Nickel . . . | 40,50 |
| Wismuth . . | 32,10 |
| Arsenik . . | 17,50 |
| Schwefel . . | 3,50 |

Schneider fand in einer ähnlichen Speise:

| | |
|---|---|
| Nickel . . . | 43,248 |
| Kobalt . . | 3,262 |
| Kupfer . . | 1,568 |
| Schwefel . . | 2,128 |
| Wismuth . . | 13,185 |
| Arsen . . . | 35,319 |
| Eisen . . . | 0,973. |

Die Kobaltspeise (Nickelspeise) ist das geeigneteste Material zur Darstellung des Nickels, das besonders zur Neusilberfabrikation benutzt wird. Das im Handel vorkommende würfelförmige Nickel enthält 68,32—75 pCt. Nickel; das Uebrige ist Antimon und Arsenik, Kupfer, Eisen, etwas Kobalt, Schwefel und Kieselerde.

Anwendung der Smalte.

Man benutzt die Smalte zum Bläuen des Papiers, der Leinwand, zum Blaufärben der Krystallgläser und des Emails etc. Wegen ihrer Härte eignet sie sich nicht besonders zum Bläuen des Papiers, da ein mit Smalte gebläutes Papier die Feder stumpf macht. In der neuern Zeit ist die Smalte in ihrer Anwendung zum Bläuen zum grossen Theil durch das künstliche Ultramarin verdrängt worden.

Kobaltultramarin.

Kobaltultramarin oder Leithener Blau (Bleu Thénard) ist eine aus Thonerde und Kobaltoxydul (thonsaurem Kobaltoxydul) bestehende Farbe, welche zuerst von Wenzel in Freiberg, dann zum zweiten Male von Gahn in Fahlun und endlich zum dritten Male von Thénard in Paris entdeckt wurde. Man stellt das Kobaltultramarin dar, indem man eine Alaunlösung mit der Lösung eines Kobaltoxydulsalzes mischt und dann durch kohlensaures Natron fällt. Der aus Thonerdehydrat und Kobaltoxydulhydrat bestehende Niederschlag wird ausgewaschen, getrocknet und anhaltend geglüht. Nach Louyet soll man das gallertartige Thonerdehydrat mit phosphorsaurem oder arseniksaurem Kobaltoxydul mengen, worauf schon in der Rothglühhitze die blaue Farbe entstehen soll. Die Gegenwart von Phosphorsäure oder Arseniksäure begünstigt auch in der That die Verbindung der Thonerde mit dem Kobalt-

oxydul und erhöht die Schönheit des Kobaltultramarins. Die Farbe desselben kommt bei Tageslicht dem Ultramarin fast ganz gleich, bei künstlichem Lichte erscheint sie aber, wie alle Kobaltfarben, schmutzig violett. Diese Verbindung ist luft- und feuerbeständig, und wird in der Wasser-, Oel- und Porcellanmalerei benutzt.

Rimann'sches Grün. Das Rimann'sche Grün ist die dem Kobaltultramarin entsprechende grüne Verbindung, in welcher die Thonerde durch Zinkoxyd ersetzt ist. Man stellt diese Farbe dar, indem man Zinkvitriollösung mit Kobaltoxydullösung mengt, das Gemenge vermittelst kohlensauren Natrons fällt, den Niederschlag auswäscht, trocknet und glüht.

Kobaltoxydul. Das in der Porcellan- und Glasmalerei angewendete Kobaltoxydul (Kobaltoxyd) ist wohl von der Smalte und dem Safflor zu unterscheiden. Man stellt es auf den Blaufarbenwerken und in chemischen Fabriken theils auf trocknem, theils auf nassem Wege dar. Ersteren schlägt man in England und Norwegen, letzteren in Sachsen und auf den tunaberger Kobaltwerken in Schweden ein. Das schwarze Kobaltoxyd des Handels (RKO) besteht zum grössten Theil aus reinem Kobaltoxyd ($Co_2\ O_3$) und wird nach Mitscherlich wahrscheinlich dargestellt, indem man Kobaltoxydulhydrat oder kohlensaures Kobaltoxydul bei Zutritt der Luft längere Zeit erhitzt. Der grösste Theil, der im Handel vorkommenden Kobaltoxyde wird in Schneeberg dargestellt. Man unterscheidet RKO Hyperoxyd, PKO phosphorsaures Oxydulhydrat, AKO arseniksaures Oxydulhydrat, KOH kohlensaures Oxydulhydrat.

Chemisch reines Kobaltoxydul. Chemisch reines Kobaltoxydul, wie es bisweilen zur Erzeugung zarter Farben angewendet werden muss, stellt man am besten nach Liebig dar, indem man einen Theil geröstetes und gepulvertes Kobalterz mit 2 Th. zweifach schwefelsaurem Kali erhitzt, bis keine Schwefelsäure mehr entweicht. Die erkaltete Masse, welche aus schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Kobaltoxydul und unlöslichen arseniksauren Salzen besteht, wird mit Wasser ausgezogen und die Lösung zur Abscheidung des möglicherweise vorhandenen Eisens mit etwas Kobaltoxydulhydrat digerirt. Die vom ausgeschiedenen Eisenoxydhydrat abfiltrirte Lösung wird durch kohlensaures Natron gefällt und der entstandene Niederschlag nach dem Auswaschen geglüht.

Salpetrigsaures Kobaltoxydul-Kali. Das salpetrigsaure Kobaltoxydul-Kali wurde zuerst von Fischer in Breslau durch Vermischen einer Kobaltoxydullösung mit salpetrigsaurem Kali dargestellt. Es erscheint als gelber, krystallinischer Niederschlag, welcher in Wasser ganz unlöslich ist. Fischer schlug das salpetrigsaure Kali als sicheres und empfindliches Reagens auf Kobalt vor, indem es in einer Lösung von $^1/_{1000}$ Kobalt sogleich, in einer Lösung von $^1/_{3000}$ nach wenigen Stunden einen gelben Niederschlag giebt. E. St. Evre untersuchte den gelben Körper näher und hob besonders, wegen seiner schönen Farbe, welche vollkommen der des *Jaune indien* (euxanthinsaure Magnesia) ähnlich ist, und seiner Be-

ständigkeit unter dem Einflusse oxydirender und schwefelnder Substanzen, seine Anwendbarkeit in der Oel- und Aquarellmalerei hervor. Man stellt die gelbe Verbindung nach St. Evre dar, indem man aus salpetersaurem Kobaltoxydul-Kali durch einen geringen Ueberschuss von Kali rosenrothes Kobaltoxydul-Kali fällt und in den Brei Stickstoffoxydgas leitet. Nach St. Evre soll diese Verbindung aus KO, Co O, $N_2$ $O_8$ bestehen. Nach einer neuen Untersuchung von A. Stromeyer ist dagegen ihre Formel $Co_2$ $O_3$, 2 $NO_3$ + 3 KO, $NO_3$ + 2 HO. Das salpetrigsaure Kali stellt man nach Stromeyer am besten durch Schmelzen von 1 Th. Salpeter und Einrühren von 2 Th. Blei in die geschmolzene Masse dar, das Blei oxydirt sich und der Salpeter geht in salpetrigsaures Kali über.

Da das salpetrigsaure Kobaltoxydul-Kali auch aus unreinen Kobaltoxydullösungen vollkommen frei von Nickel, Eisen etc. gefällt wird, so ist es auch in der Porcellan- und Glasmalerei allen anderen Kobaltpräparaten vorzuziehen, wenn es sich um die Herstellung einer reinen blauen Nüance handelt.

## Das Kupfer.

Kupfer. Vorkommen desselben.

Das Kupfer ist eins der am häufigsten vorkommenden Metalle. Es war schon in den ältesten Zeiten bekannt und wurde von den Griechen und Römern zum grössten Theil von der Insel Cypern bezogen, daher der Name Cuprum, Kupfer. Es findet sich zum Theil gediegen, meist aber oxydirt und geschwefelt. Zu den oxydirten Kupfererzen gehören das Rothkupfererz, der Kupferlasur und Malachit, zu den geschwefelten der Kupferglanz, Kupferkies, das Buntkupfererz, und die Fahlerze. Der grösste Theil des angewendeten Kupfers wird aus den geschwefelten Kupfererzen gewonnen.

Das Rothkupfererz (Kupferoxydul) $Cu_2$ O (mit 88,5 pCt. Kupfer) findet sich theils in Oktaëdern krystallisirt, theils derb und eingesprengt (Cornwallis).

Der Kupferlasur (mit 55,3 pCt. Kupfer) ist eine Verbindung von kohlensaurem Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat (2 [CuO, $CO_2$] + CuO, HO) und kommt in schönen, blauen Krystallen, theils derb und eingesprengt vor. (Cornwallis, früher zu Chessy bei Lyon.)

Der Malachit (mit 57,4 pCt. Kupfer) ist basisch kohlensaures Kupferoxydhydrat (CuO, $CO_2$ + CuO, HO) und kommt theils in schiefen rhombischen Säulen, theils tropfsteinartig, meist mit Kupferlasur vor (Ural).

Der Kupferglanz, Halbschwefelkupfer ($Cu_2$ S) mit 80 pCt. Kupfer, das Buntkupfererz, eine Verbindung von Kupferglanz mit Anderthalb-Schwefeleisen (3 $Cu_2$ S + $Fe_2$ $S_3$) mit 55,7 pCt. Kupfer,

und der Kupferkies ($Cu_2S + Fe_2S_3$) mit 34,8 pCt. Kupfer, sind die wichtigsten der zur Kupfergewinnung angewendeten Schwefelverbindungen des Kupfers.

Der Kupferschiefer ist ein schwarzer, schiefriger, bituminöser Mergel, durchdrungen von eingesprengten oder in sehr dünnen Lagen in ihm enthaltenen Kupfererzen (Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz). Er kommt auf älterem Sandsteine, mit Granit, Grauwacke, besonders im Mansfeldschen vor.

Die Fahlerze sind Verbindungen elektropositiver Schwefelmetalle (namentlich Schwefelkupfer) mit elektronegativen, deren Zusammensetzung nach H. Rose durch

$$4\,RS, R_2S_3 + 2\,(4\,R_2S, RS_3)$$

ausgedrückt wird; in dieser Formel ist RS = Schwefeleisen (FeS) und Schwefelzink (Zn S), $R_2S$ = Halbschwefelkupfer ($Cu_2S$) und Schwefelsilber; $R_2S_3$ = Schwefelantimon ($SbS_3$) und Schwefelarsen ($AsS_3$). Wegen des Silbergehaltes rechnet man die Fahlerze gewöhnlich zu den Silbererzen. Sie enthalten 14—41 pCt. Kupfer.

Gewinnung des Kupfers.

Je nach der Beschaffenheit der Kupfererze ist die Gewinnung des Kupfers eine verschiedene. Wenn sie bei den oxydirten (ockrigen) Kupfererzen auf eine einfache Reduction durch Kohle unter Zusatz eines Flussmittels zurückgeführt werden kann, ist doch die Menge der in der Natur vorkommenden oxydirten Kupfererze sehr gering; man verschmilzt sie deshalb meist mit den geschwefelten (kiesigen) Erzen. Wir betrachten in Folgendem die Gewinnung des Kupfers:

1) Aus oxydirten Erzen.
2) Aus geschwefelten Erzen.
3) Durch Cementation.

Die Kupfergewinnung aus den kiesigen Erzen geschieht entweder in Schachtöfen oder in Flammenöfen. Bei dem Schmelzen in Flammenöfen bewirkt man die Reduction des aus dem Kupferstein durch Rösten erhaltenen Kupferoxydes nicht durch Kohle, sondern durch den unzersetzt gebliebenen Schwefelgehalt des Steines selbst. Dadurch wird der Kupfergehalt immer mehr in dem Steine concentrirt, bis endlich zur Zersetzung der letzten Schwefelantheile geschritten werden kann. Diese Zersetzung wird durch das Abrösten des concentrirten Kupfersteins und das zu gleicher Zeit stattfindende Schmelzen desselben bewirkt, worauf bis zur vollständigen Abscheidung des Schwefels die Luft ungehindert zutreten kann. Dabei bildet sich stets Kupferoxydul, so dass zuletzt das gereinigte Kupfer sich im Zustande des übergaren Garkupfers befindet. Bei dem Verschmelzen der Kupfererze in den Schachtöfen befolgt man zwar das nämliche Verfahren, den Kupfergehalt des Erzes zuerst im Kupferstein zu concentriren die Reduction des Kupferoxydes in dem gerösteten Stein geschieht aber nicht durch den Schwefel, sondern durch die Kohle, womit die Beschickung im Schachtofen geschichtet ist.

Daraus folgt der wesentliche Unterschied des Zustandes, in dem sich das Kupfer — abgesehen von der Verunreinigung mit andern Metallen — nach beendigtem Schmelzprocess befinden muss. Durch den Schachtofen erhält man nie ein übergares oder ein mit Kupferoxydul verunreinigtes, sondern stets ein kohlehaltiges Kupfer. Es wird demnach weder durch den Schachtofen, noch durch den Flammenofen ein hammergares Kupfer erhalten werden können; die Mittel aber, dem Kupfer die Hammergare zu ertheilen, müssen bei dem in dem Flammenofen dargestellten Kupfer gänzlich verschieden sein von den bei dem durch Verschmelzung im Schachtofen erhaltenen Kupfer angewendeten.

Das Zugutemachen der Kupfererze in Schachtöfen.

Die beim Zugutemachen der Kupfererze in Schachtöfen stattfindenden Processe bestehen in der Regel darin, dass man die Erze röstet, wobei ein Theil des Schwefels, Arseniks und Antimons verflüchtigt wird, ein Theil der in den Erzen enthaltenen Metalle in schwefelsaure Salze (Vitriole), arseniksaure und antimonsaure übergeht, während ein Theil des Erzes sich dem Rösten entzieht. Bei dem reducirenden Schmelzen (Rohschmelzen, Erzschmelzen) des Röstgutes unter Zusatz von schlackebildenden Materialien wird zuvörderst das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, während die Vitriole sich wieder in Schwefelmetalle verwandeln, die mit dem metallischen Kupfer und den unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen den kupferreicheren Rohstein (Kupferstein) bilden, und aus den vorhandenen antimon- und arseniksauren Metalloxyden sich durch Reduction Antimon- und Arsenikmetall (Speise) erzeugt. Die übrigen Metalloxyde, namentlich das zu Oxydul reducirte Eisenoxyd, verbinden sich mit den Zuschlägen zu Schlacke. Durch Wiederholung des Röst- und reducirenden Schmelzprocesses (Concentrationsschmelzen), erhält man zuletzt neben einer geringen Quantität Stein (Dünnstein oder Lech), metallisches Kupfer (Rohkupfer, Schwarzkupfer), mit fremden Metallen verunreinigt, von welchen es durch ein oxydirendes Schmelzen (Rohgarmachen) befreit wird, indem die fremden Metalle als Oxyde theils verflüchtigt werden, theils in die Schlacke (Garschlacke) gehen. Das Garkupfer (Rosettenkupfer, Scheibenkupfer) enthält, weil bei dem Rohgarmachen der Röstprocess gewöhnlich zu weit getrieben wird, Kupferoxydul, wodurch seine Dehnbarkeit vermindert wird. Durch ein schnelles reducirendes Schmelzen, durch Umschmelzen zwischen Kohlen auf einem Herde wird das Kupferoxydul reducirt und es bildet sich geschmeidiges (hammergares) Kupfer. Durch das Raffiniren des Kupfers in Flammenöfen wird zweckmässig das Roh- und Hammergarmachen zu einem Process vereinigt.

Das Rohschmelzen der gerösteten Erze zu Rohstein (Kupferstein) geschieht in Schachtöfen, theils mit Holzkohlen, theils mit Koks. Fig. 57 S. 256 zeigt den vertikalen Durchschnitt des Schachtofens, Fig. 58 S. 256 dessen vordere Ansicht, mit Beseitigung der vorderen Mauer, um den inneren Schmelz-

bau sichtbar zu machen. Fig. 59 zeigt endlich den untern Theils dieses Ofens. *tt* sind die Oeffnungen für die Düsen des Gebläses; durch die über dem Sohlenstein befindlichen beiden Oeffnungen *oo* (Augen) und zwei kurze Kanäle (Spuren) rinnt der flüssige Inhalt des Ofens in die beiden schalenförmigen Vertiefungen *C′ C′* (Spurtiegel). Da das geröstete Kupfererz (Kupferkies, etc.) stets Eisenoxyd enthält, so würde durch eine einfach reducirende Schmelzung leicht Eisen reducirt werden. Um dies zu vermeiden, setzt man schlackebildende Substanzen hinzu (Quarz oder kieselsäurereiche Zuschläge). Das in dem Ofen zu Oxydul reducirte Eisenoxyd tritt mit der Kieselerde zu einer leichtflüssigen Schlacke (am zweckmässigsten von der Zusammensetzung $3\,RO, 2\,SiO_3$) zusammen. Das beim Rösten entstandene Kupferoxyd und Kupferoxydul wird durch das in dem Röstgut enthaltene Schwefeleisen zu metallischem Kupfer reducirt ($3\,CuO + FeS = SO_2 + FeO + 3\,Cu$). Während der Verschlackung scheiden sich die Schwefelmetalle ab und sammeln sich im untern Theile des Ofens als Kupferstein (Rohstein), ein Gemenge von Schwefelkupfer, Schwefeleisen und anderen Schwefelmetallen mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa 32 pCt. Die zugleich gebildete Schlacke führt den Namen Rohschlacke (Schwielschlacke).

Fig. 57.

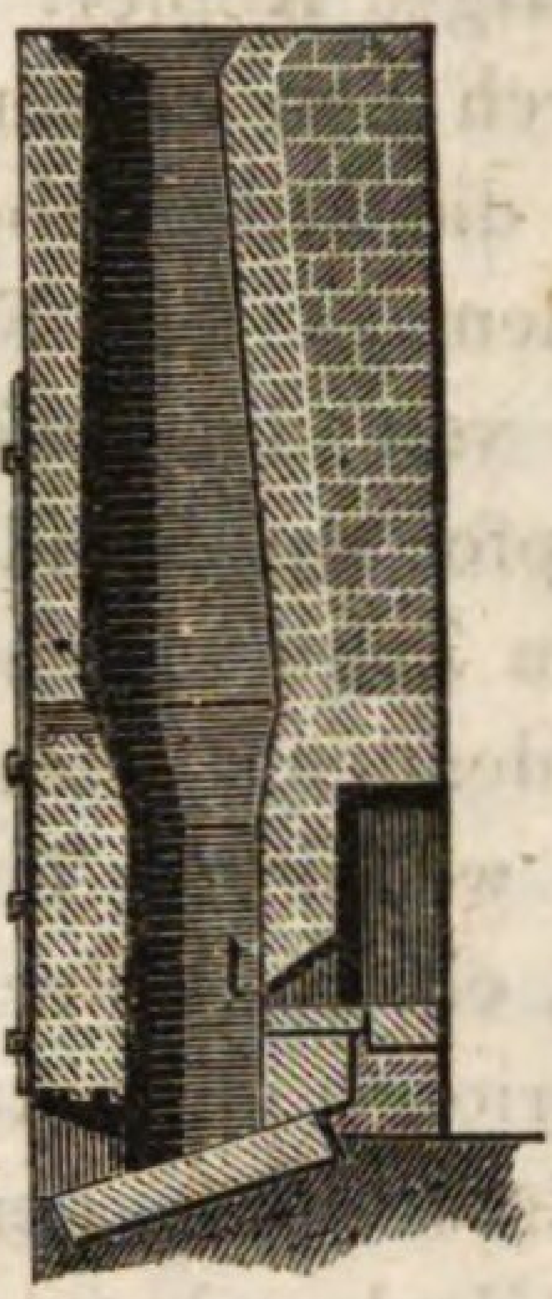
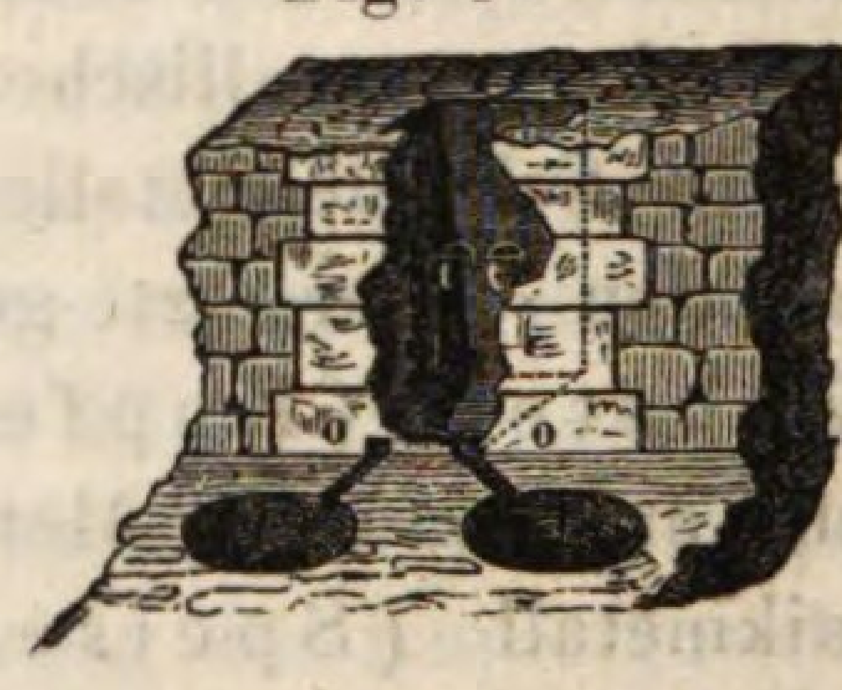


Fig. 58.



Fig. 59



Das Rösten des Kupfersteins hat dessen möglichst vollständige Oxydation unter Beseitigung des vorhandenen Schwefels zum Zweck. Der erfolgte Spurrost wird in einem Schachtofen mit einem Zuschlag von Schlacke verschmolzen, welcher Process das Spuren oder die Concentrationsarbeit genannt wird. Der fallende Stein heisst der Spurstein oder Concentrationsstein, der etwa 50 Proc. Kupfer enthält, vollständig abgeröstet und zu Schwarzkupfer verschmolzen wird.

Man umgeht bei reinen Kupfererzen das Spuren und verschmilzt den vollständig abgerösteten Kupferstein zu Schwarzkupfer (Rohkupfer, Gelbkupfer) durch die Schwarzkupferarbeit (Schwarzmachen, Rohkupferschmelzen). Dies geschieht in Schachtöfen von ge-

ringerer Höhe (Krummöfen) als die beim Schmelzen der gerösteten Kupfererze angewendeten. Der Schwefelgehalt des Steines ist durch das Rösten so weit verringert worden, dass er das nun reducirte Kupfer nicht mehr aufzunehmen vermag. Es scheidet sich deshalb neben einer geringen Menge Stein (Dünnstein, Oberlech, Armstein) als Schwarzkupfer ab, welches 95—96 pCt. Kupfer enthält.

Garmachen. Das Schwarzkupfer oder Rohkupfer wird nun durch ein kräftiges oxydirendes Schmelzen von den Verunreinigungen befreit, wobei sich die Verunreinigungen früher verschlacken als das Kupfer. Dieser Process heisst das Garmachen des Schwarzkupfers und wird ausgeführt

1) im kleinen Garherde (Herdgarmachen);
2) im grossen Garherde oder Spleissofen;
3) im Zugflammenofen oder Raffinirofen.

Auf dem Herde. Das Herdgarmachen wird auf dem Garherde vorgenommen, dessen vertikalen Durchschnitt Fig. 60, dessen perspectivische Ansicht Fig. 61 zeigt. Dieser Herd besteht aus einem Gemäuer, auf

Fig. 60.

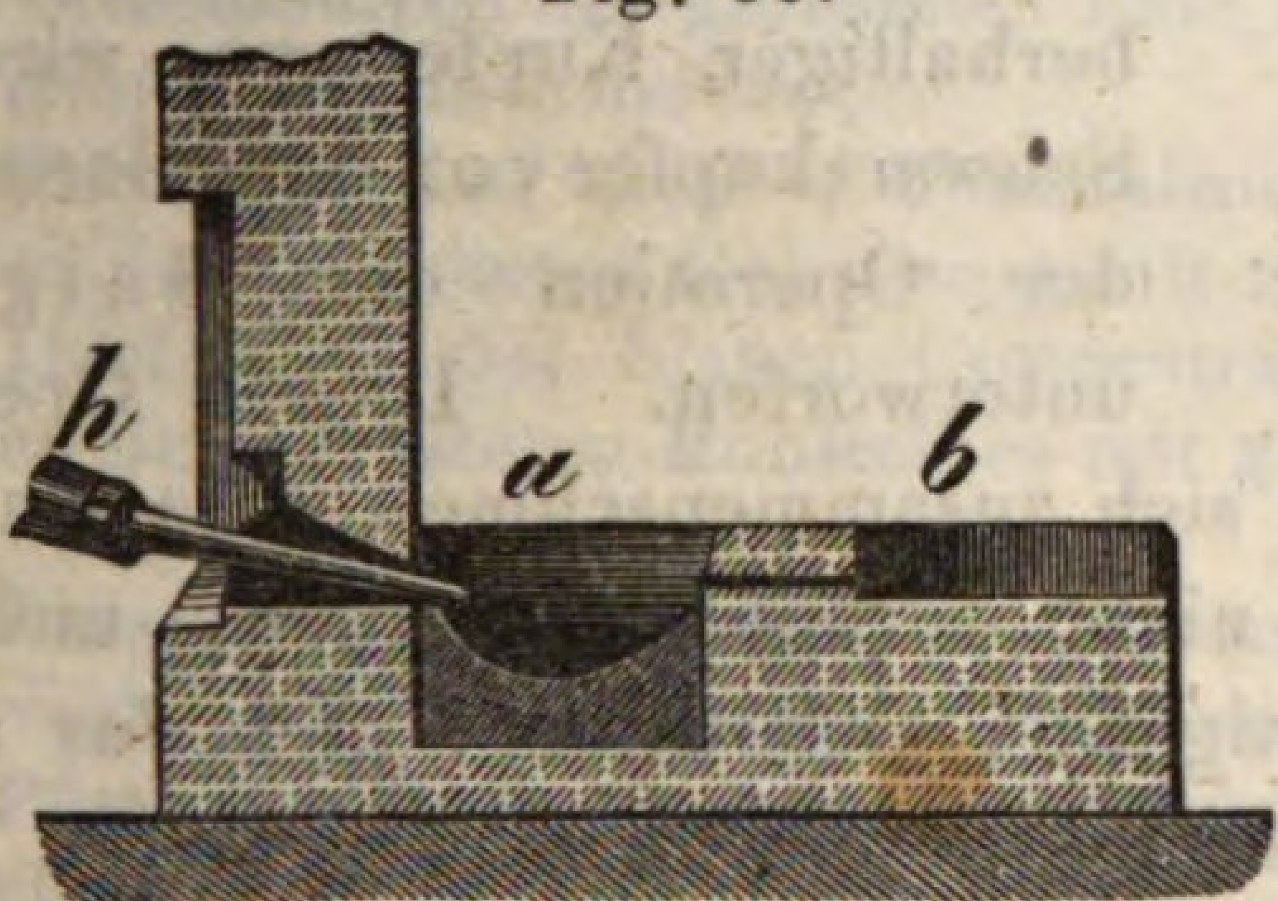
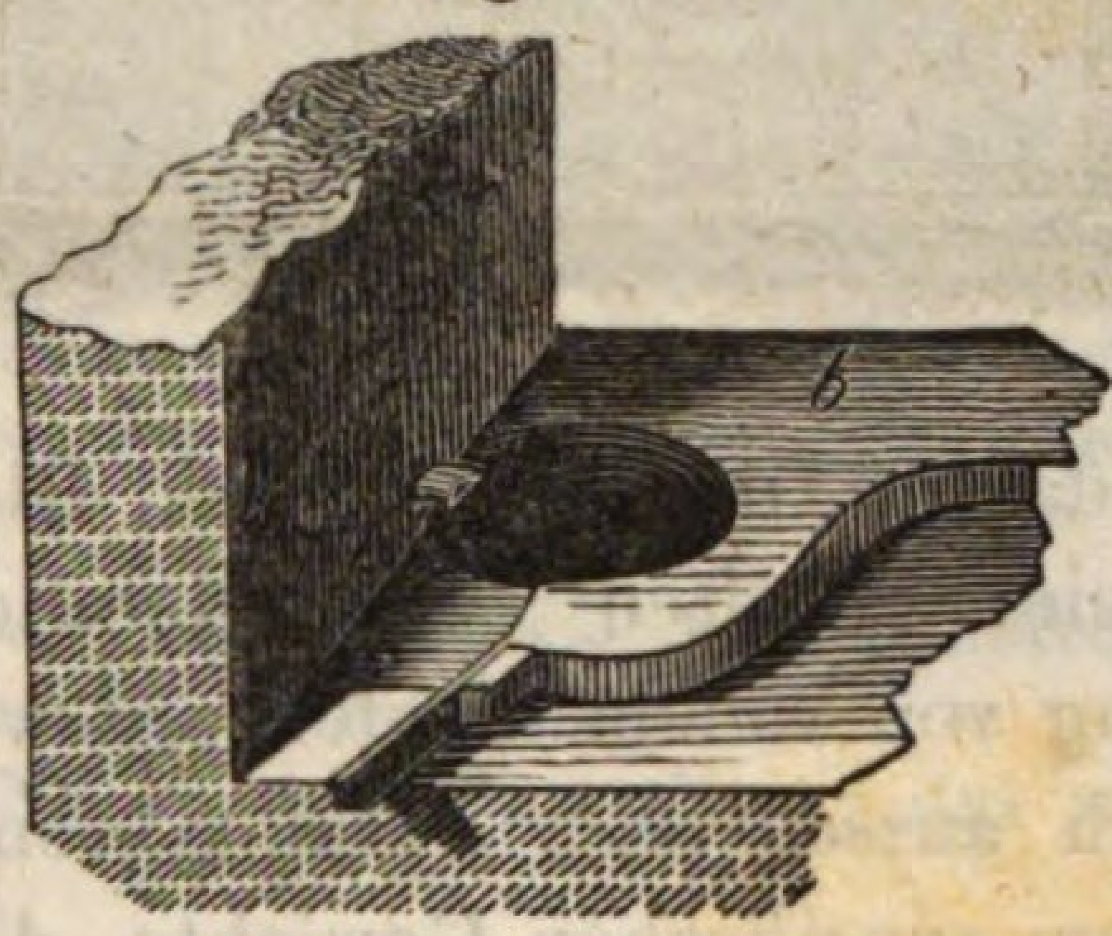



Fig. 61.

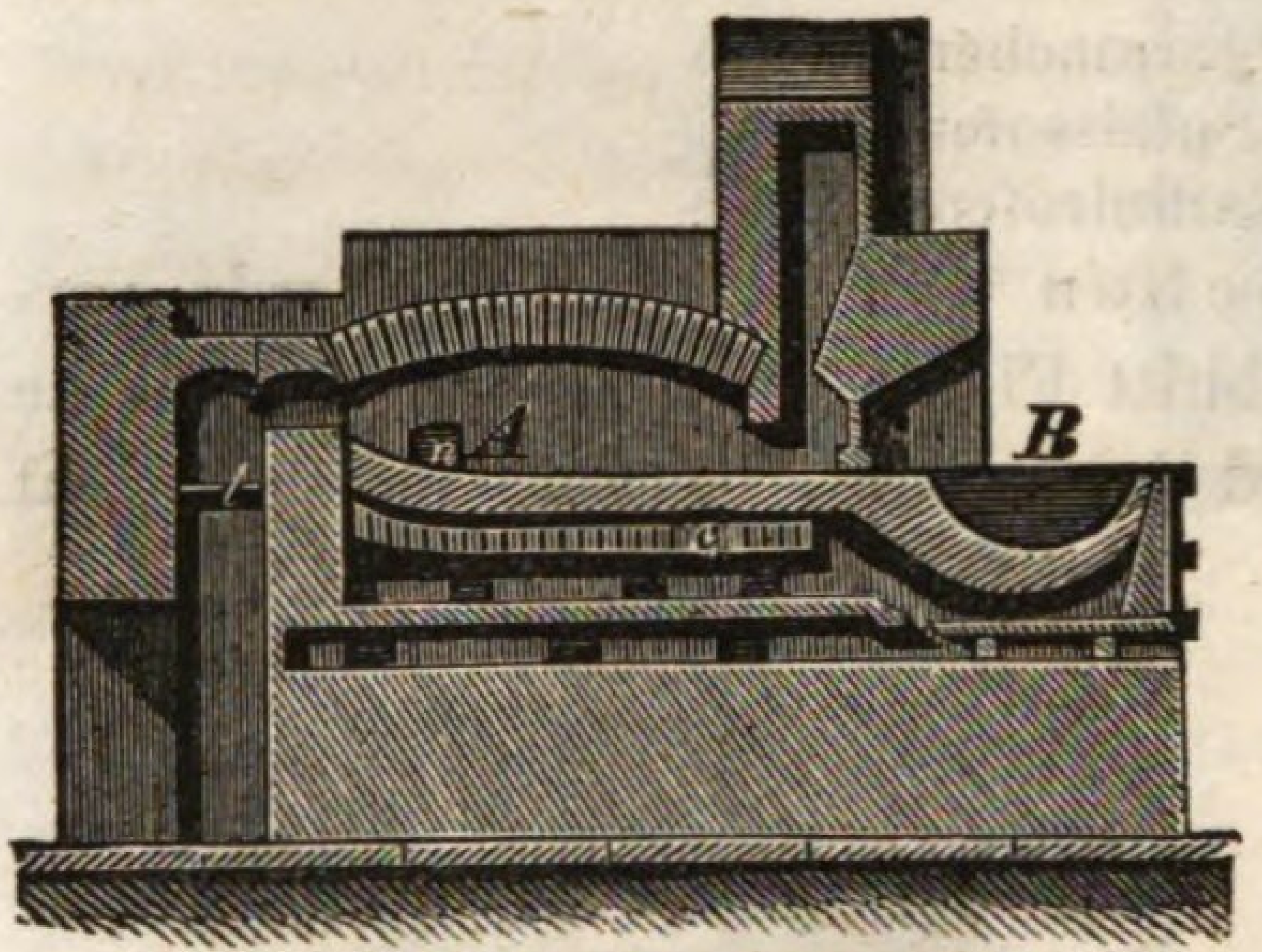



dessen oberer Fläche eine halbkugelförmige Vertiefung *a*, die Herdgrube angebracht ist. *b* ist eine gusseiserne Deckplatte des Herdes. Zwei Düsen, von denen die eine bei *h* sichtbar ist, treiben Wind in das Feuer und auf die Oberfläche des Kupfers. Man schmilzt nun Schwarzkupfer unter Zusatz von Kohlen unter Mitwirkung des Gebläses nieder. Schwefel, Arsenik und Antimon verflüchtigen sich. Eisenoxyd und die übrigen nicht flüchtigen Oxyde scheiden sich mit dem Kupferoxydul auf der Oberfläche des Kupfers als Garschlacke ab, die von Zeit zu Zeit abgezogen wird. Nach dem Garwerden des Kupfers wird das Gebläse abgehangen, die Oberfläche des Kupfers von Kohlen und Schlacken befreit und dieselbe unter Aufstreuen von Kohlenklein so weit abgekühlt, dass das Kupfer, ohne eine Explosion befürchten zu müssen, mit Wasser oberflächlich zur Abkühlung gebracht werden kann. Es bildet sich eine dünne Scheibe (Rosette), welche abgehoben und alsbald in kaltem Wasser abgelöscht wird, um die Oxydation des Kupfers zu verhüten. So fährt man fort, Wasser aufzusprengen und Scheiben abzuheben, bis der Herd fast entleert ist. Man nennt diese Arbeit das Scheibenreissen,

Spleissen, Rosettiren. Das so erhaltene Kupfer ist das Rosettenkupfer, Garkupfer, Scheibenkupfer.

Garmachen im grossen Garherde. Das Garmachen im grossen Garherde oder Spleissofen (Gebläseflammenofen) ist in Folge der Unvollkommenheit des Herdgarmachens eingeführt worden. Der Spleissofen ist dem Silbertreibherd ähnlich. Fig. 62 zeigt ihn im vertikalen Durchschnitte *A* ist der Schmelzherd, *B* der Spleissherd (es sind zwei solche Herde vorhanden), *n* die Form des Gebläses, *l* der Rost für das Brennmaterial. Das Verfahren ist dem Herdgarmachen ähnlich. Wenn das Kupfer die Gare erreicht hat, wird es in die Spleissherde abgelassen und in diesen in Rosettenkupfer verwandelt. Da bei diesem Garmachen das Brennmaterial vom Schmelzgute getrennt ist, so findet eine vollständigere Reinigung des Kupfers statt, als im kleinen Herde.

Fig. 62.




Saigerung. Bei Verarbeitung silberhaltiger Kupfererze wird das Schwarzkupfer vor dem Garmachen der Operation des Saigerns unterworfen. Diese Operation beruht darauf, dass Kupfer und Blei sich zusammenschmelzen lassen, dass aber beim Erkalten beide Metalle nicht verbunden bleiben, und eine Legirung von vielem Kupfer mit wenig Blei sich bildet, und das übrige Blei sich ausscheidet. Die Absonderung geschieht zum grössten Theile nach dem specifischen Gewichte, die unterste Schicht bildet silberhaltiges Blei. Lässt man die flüssige Masse langsam erkalten, so scheidet sich das Blei aus, bei schnellem Erkalten erhält man dagegen ein inniges Gemenge beider Metalle; das Blei entzieht dem Kupfer das Silber.

Wie schon erwähnt, ist das auf dem kleinen und grossen Herde dargestellte Kupfer meist kupferoxydulhaltig. Bei einem Oxydulgehalt von 1,1 pCt. ist aber das Kupfer so wenig dehnbar und geschmeidig, dass es sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr bearbeiten lässt, ohne schiefrig zu werden und Kantenrisse zu bekommen. Bei einem Kupferoxydulgehalte von $1^1/_2$ pCt. wird die Verminderung der Festigkeit auch schon in erhöhter Temperatur bemerklich und das Kupfer wird kalt- und rothbrüchig. Dies ist der Zustand des Kupfers, welchen man in Deutschland mit dem Namen des übergaren bezeichnet. Dieses mit Kupferoxydul verunreinigte Kupfer kann nur durch Reduction des Oxyduls seine vorige Festigkeit wieder erhalten. Der dies bezweckende Process wird das Hammergarmachen und das dabei erhaltene Kupfer hammergares Kupfer genannt.

Das Zugutemachen der Erze in Flammenöfen. Der grosse Reichthum Grossbritanniens an dem für den Flammenofenprocess sich am besten eignenden Brennstoff, der Steinkohle, führte wohl zuerst auf die Jdee, anstatt des Zugutemachens der Kupfererze in Schachtöfen die Gewinnung des Kupfers in Flammen-

öfen einzuführen. Mit dieser, in Bezug auf Grossbritannien vortheilhaften wirthschaftlichen Seite vereinigt die Anwendung der Flammenöfen zugleich vielfache Vortheile von allgemeiner Wichtigkeit, namentlich ist das nach dem englischen Verfahren gewonnene Kupfer weit vorzüglicher als das der übrigen Kupferwerke, wenn es auch dem aus russischen und australischen Erzen gewonnenen an Güte nachsteht. Die bedeutendsten englischen Kupferwerke sind zu Swansea; sie erhalten ihre Erze aus den Kupferminen in Cornwall, Nord-Wales, Westmoreland, den angrenzenden Theilen von Lancashire und Cumberland, aus Schottland und Irland u. s. w., doch werden auch grosse Mengen von eingeführten Erzen (aus Chili, Peru, Australien, Cuba und Norwegen) verschmolzen. Ausserdem befinden sich noch Kupferwerke auf der Insel Anglesea, in Staffordshire und bei Liverpool. Die englischen Kupfererze bestehen meist aus Kupferkies mit beigemengtem Schwefelkies, nicht selten auch etwas Zinnkies und Arsenikkies, und Gangart.

Die hauptsächlichsten Processe des englischen Kupfergewinnungsverfahrens bestehen in folgenden Operationen:

1) Rösten des kiesigen Kupfererzes (*calcination*);
2) Verschmelzen der gerösteten Erze zu Rohstein (*coarse metal*);
3) Rösten des Rohsteines;
4) Darstellen des weissen Concentrationssteines (*white metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit reichen Erzen;
5) Darstellen des blauen Concentrationssteines (*blue metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit gerösteten Erzen von mittlerem Kupfergehalt;
6) Darstellen eines rothen und weissen Steines durch Verschmelzen der bei den vorhergehenden Operationen gewonnenen Schlacken;
7) Röstschmelzen des blauen Steines Nr. 5 und Darstellung des weissen Extrasteines;
8) Röstschmelzen des weissen Extrasteines und Darstellung des Concentrationssteines;
9) Röstschmelzen des gewöhnlichen weissen Steines und der kupferhaltigen Böden zum Zweck der Darstellung von Schwarzkupfer (*blistered copper*, Blasenkupfer);
10) Raffiniren des Schwarzkupfers.

Nach Gurlt's Ansicht lassen sich alle Operationen des Zugutemachens der Kupfererze in Flammenöfen auf höchstens zwei Richtungen und drei Schmelzungen zurückführen, nämlich auf

1) das Rösten der gepulverten Erze unter Zusatz von Kochsalz oder Chlorcalcium, um flüchtige Choride zu bilden;
2) das Verschmelzen der gerösteten Erze bei Erzeugung einer mehr saigeren Schlacke auf Rohstein;
3) das Röstschmelzen des Rohsteines mit erhitzter Gebläseluft auf Schwarzkupfer mit oder ohne Zuschlag von chorhaltigen Substanzen;
4) das Raffiniren des Schwarzkupfers.

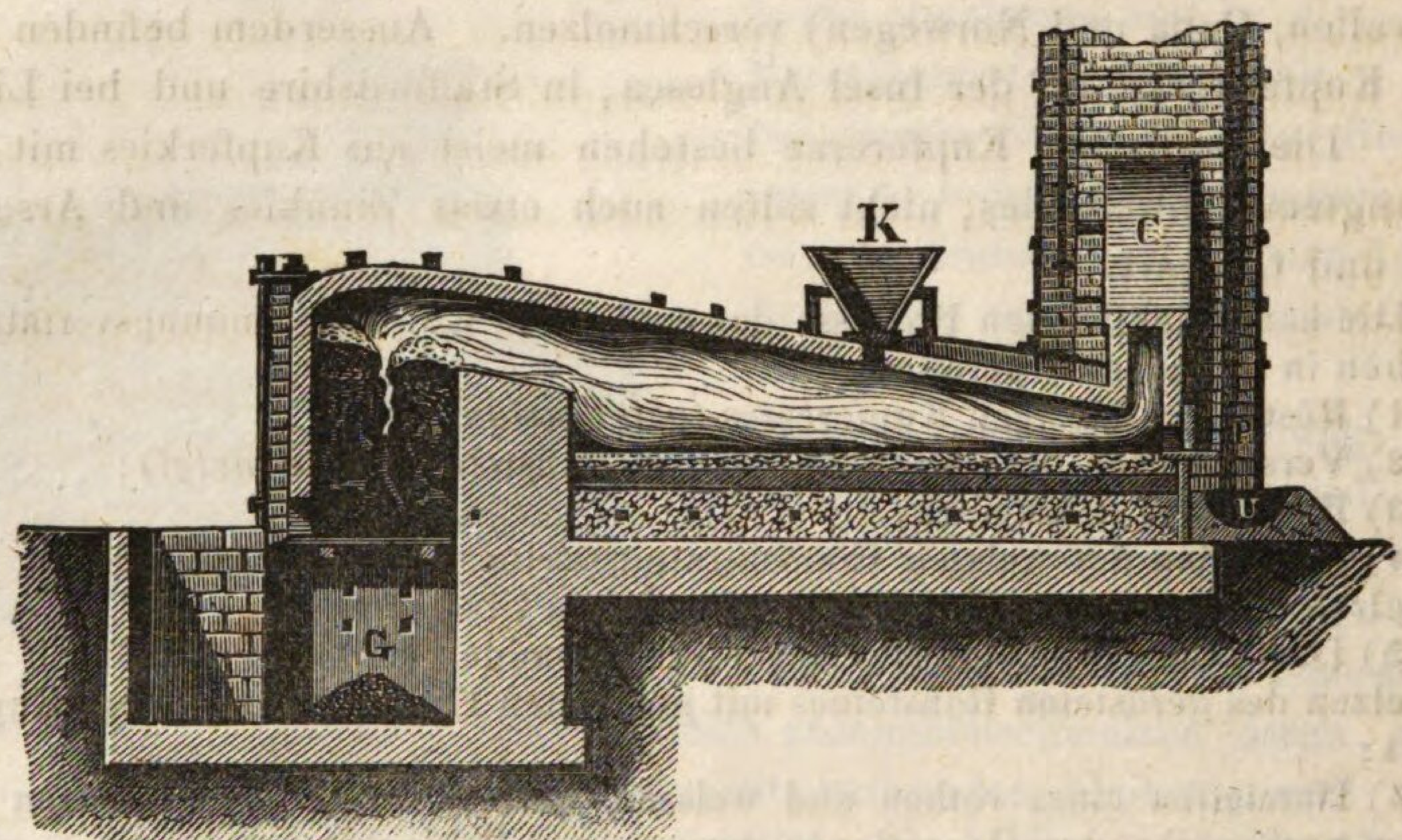
Rösten der Erze. Das Rösten der kiesigen Kupfererze ist im Allgemeinen von dem auf dem Continent gebräuchlichen Verfahren nicht verschieden. Das Erz erleidet während des Röstens keinen wesentlichen Gewichtsverlust, indem die Aufnahme an Sauerstoff so ziemlich den Verlust an Schwefel, Antimon, Arsenik etc. compensirt. Das Product des

Röstens ist ein schwarzes Pulver, dessen Farbe vom Kupfer- und Eisenoxyd herrührt.

Verschmelzen der gerösteten Erze.

Das Verschmelzen der gerösteten Erze zu Roh- oder Kupferstein geschieht in den Schmelzöfen. Die Figur 63 stellt einen solchen Schmelzofen, wie er zu Swansea gebräuchlich ist dar. Der Herd verengert sich gegen seine Mündung hin, so dass er eine Art von Mulde bildet, *K* ist der Füllungstrichter. *G* ist eine mit kaltem Wasser gefüllte Grube.

Fig. 63




Die Operation des Kupfersteinschmelzens durch den Flammenofensprocess bezweckt das Kupfer von der Gangart und einem Theil der in dem gerösteten Erze enthaltenen fremden Metalloxyde durch ein reducirendes und auflösendes Schmelzen abzuscheiden. Der Schwefel ist hierbei von Wichtigkeit, indem die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle beim Schmelzen die Oxyde und schwefelsauren Salze zerlegen. Es verwandeln sich zunächst Eisenoxyd und Schwefeleisen in schweflige Säure und Eisenoxydul, welches letztere mit der vorhandenen Kieselsäure zu Schlacke zusammentritt. Bei gesteigerter Temperatur wird das Kupferoxyd von dem Schwefeleisen und Schwefelkupfer unter Bildung von Eisenoxyd und metallischem Kupfer zerlegt, welches letztere sich zum Theil in dem entstandenen Kupferstein auflöst, zum Theil auch durch das Eisenoxyd zu Kupferoxydul reducirt wird, das bei der höchsten Temperatur des Ofens sich verschlackt. Indem nun durch lebhaftes Rühren der geschmolzenen Massen Stein und Schlacken in innige Berührung kommen, setzt sich das in dem Steine enthaltene Schwefeleisen mit dem Kupferoxydul der Schlacken in Schwefelkupfer und kieselsaures Eisenoxydul um, so dass dem Kupfer fast jeder Weg zur Verschlackung abgeschnitten ist.

Rösten des Rohsteines.

Das Rösten des Rohsteins geschieht meist in denselben Flammenöfen, welche zu dem Rösten des Erzes Anwendung finden. Der Zweck des Röstens ist hauptsächlich, das Eisen zu oxydiren und den Schwefel bis auf ein gewisses Quantum zu verflüchtigen und zu verbrennen. Eine gewisse Menge Schwefel in dem Röstproducte ist noth-

wendig, weil ausserdem das Concentrationsschmelzen nicht oder doch nur mit Kupferverlust ausführbar wäre.

Concentrationsstein. Auf das Rösten folgt die Darstellung des weissen Concentrationssteines. Zu diesem Zwecke wird der geröstete Rohstein mit reichen Kupfererzen beschickt, welche fast kein Schwefeleisen, sondern nur Schwefelkupfer, Kupferoxyd und Quarz in solchen Verhältnissen enthalten, dass der Schwefelkies durch den Sauerstoff der Oxyde oxydirt wird, wobei alles Kupfer mit dem überschüssigen Kupfer zu Stein zusammentritt, das zu Oxydul oxydirte Eisen aber mit dem Quarz kieselsaures Eisenoxydul bildet. Das Schmelzen geschieht auf ähnliche Weise wie das Rohsteinschmelzen. Der sich bildende weisse Concentrationstein ist fast von der Zusammensetzung des Kupferglanzes ($Cu_2S$) und wird in Sandformen abgestochen.

Roh- oder Schwarzkupfer. Der weisse Stein wird auf Roh- oder Schwarzkupfer verschmolzen. Man bringt den zu verarbeitenden Stein auf die Herdsohle eines von dem Schmelzofen nicht verschiedenen Ofens und lässt das Glühfeuer 12 bis 24 Stunden lang einwirken. Im Anfange darf die Hitze nicht bis zum Schmelzen gehen, nur gegen das Ende wird sie erhöht. Durch dieses Röstschmelzen wird der Schwefel in Gestalt von schwefliger Säure entfernt und zu gleicher Zeit entweder durch Verflüchtigung allein oder durch den Sauerstoff und Verschlackung die Verunreinigungen wie Arsenik, Kobalt, Nickel, Zinn, Eisen u. s. w. entfernt. Während des Einschmelzens zerlegen sich Kupferoxydul und Schwefelkupfer gegenseitig zu schwefliger Säure und metallischem Kupfer ($2\ Cu_2O + Cu\ S = SO_2 + 3\ Cu$). Das geschmolzene Rohkupfer wird in Formen abgestochen. Es überzieht sich auf der Oberfläche mit schwarzen Blasen, weshalb es Blasenkupfer genannt wird. Auf der Bruchfläche zeigt es ein poröses, bienenzelliges Ansehen, welches von den Gasen und Dämpfen (schweflige Säure, Arsenikdämpfe) herrührt, welche sich bei dem Aufkochen des Rohkupfers entwickeln. Das Roh- oder Schwarzkupfer ist schon ziemlich rein, von Schwefel, Eisen und anderen Metallen fast frei.

Garmachen des Schwarzkupfers. Die letzte Operation des englischen Flammenofenprocesses ist das Garmachen des Schwarzkupfers, welches auf der Sohle eines Flammenofens ausgeführt wird. Zuerst wird schwach erhitzt, um die Oxydation zu beendigen. Nach ungefähr sechs Stunden geräth das Kupfer in Fluss. Nachdem alles Kupfer in dem Sumpf niedergeschmolzen ist und der Ofen sich in starker Hitze befindet, wird die kupferoxydulreiche, röthlichgefärbte Schlacke abgezogen. Es wird die Oberfläche des geschmolzenen Kupfers mit Holzkohlenpulver bedeckt und darauf in das flüssige Metallbad eine hölzerne Rührstange, gewöhnlich von Birkenholz, Metall gebracht. Man nennt diese Operation das Schäumen oder Polen; sie hat die Reduction des vorhandenen Kupferoxyduls durch die aus den hölzernen Rührstangen unter Aufschäumen des Kupfers sich entwickelnden reducirenden Gase zum Zweck. Darauf hat das Kupfer die Hammergare.

Gewinnung des Kupfers aus oxydirten Erzen.

Die Darstellung des Kupfers aus oxydirten Erzen ist einfach. Die Erze werden mit Kohlen in einem Schachtofen niedergeschmolzen, indem man sie mit den erforderlichen Zuschlägen versetzt, um eine leichtflüssige Schlacke, die kein Kupfer aufnimmt, zu erzielen. Das erfolgende Schwarzkupfer wird in Spleissöfen gar gemacht und in Blöcken als Rosettenkupfer in den Handel gebracht. Zu Chessy bei Lyon verschmilzt man Malachit, Kupferlasur und Rothkupfererz. Es findet dabei durch Verschlackung ein nicht unbedeutender Kupferverlust statt. Auf den sibirischen Kupferhütten am Ural giebt man den oxydirten Kupfererzen einen Zuschlag von kiesigen Kupfererzen und von Schwefelkies, wobei das Kupfer durch den Schwefel vor der Verschlackung geschützt und in einen Stein verwandelt wird, den man auf Schwarzkupfer verschmilzt.

Gewinnung des Kupfers durch Cementation.

Unter Cementation des Kupfers versteht man das Niederschlagen von metallischem Kupfer aus Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd durch Eisen. Die Anwendung der Kupfererze zur Gewinnung von Cementkupfer findet nur selten und unter besonderen localen Verhältnissen statt. Gewöhnlich nur dann, wenn die aus den Kupfergruben gehobenen Grubenwässer Eisen- und Kupfervitriol aufgelöst haben und so viel Kupfervitriol enthalten, dass sie mit Vortheil auf Kupfer verarbeitet werden können.

Auf der Insel Anglesey hebt man die Cementwässer zuerst in ein grosses Bassin, um sie durch Absetzen von Eisenocker zu klären, und leitet sie darauf in die Cementgruben, in welchen sich das zur Zersetzung des Kupfervitriols bestimmte alte Guss- und Schmiedeeisen befindet. Von Zeit zu Zeit muss das Eisen bewegt werden, damit die oxydirte Fläche sich abscheuere. Von Zeit zu Zeit werden die Bodensätze in den Sümpfen aufgerührt und die trübe Flüssigkeit mit allem Schlamm in grosse Sümpfe geleitet, in welchen sich der Schlamm absetzt, der in einem Trockenofen bei Flammenfeuer getrocknet wird. Der Kupfergehalt des Schlammes ist sehr verschieden, der reichste enthält ungefähr 50 pCt. Kupfer, durchschnittlich kann man einen Kupfergehalt von 15 pCt. annehmen, da der Hauptbestandtheil des Schlammes basisch schwefelsaures Eisenoxyd ist.

Zu Herrengrund bei Neusohl in Niederungarn, wo früher beträchtliche Mengen von Cementkupfer gewonnen wurden, ist die Gewinnung jetzt sehr unbedeutend. Dagegen zu Schmölnitz in Oberungarn hat die Cementkupferbereitung eine so grosse Ausdehnung erhalten, dass jährlich gegen 2500 Ctr. Garkupfer aus den Cementirwerken gewonnen werden.

Arme ockrige Erze, die nicht mehr mit Vortheil verschmolzen werden können, werden durch Rösten mit Schwefelkies oder überhaupt auf irgend eine Weise, wobei schweflige Säure sich entwickelt, auf Kupfervitriol verarbeitet.

Auch aus kiesigen Kupfererzen hat man unter Umständen mit Gewinn Cementkupfer dargestellt, so verwandelt z. B. Bankart die Kupfererze durch Rösten in Sulfate, schlägt aus deren Lösung das Kupfer durch Eisen nieder und gewinnt aus der Lauge Eisenvitriol.

Kupfer auf galvanischem Wege erhalten.

Das auf galvanischem Wege erhaltene Kupfer ist das reinste; von dessen Darstellung wird am Ende des Abschnittes, der von den Metallen handelt, bei Gelegenheit der Galvanoplastik die Rede sein.

Eigenschaften des Kupfers.

Das Kupfer ist von rothbrauner Farbe, starkem Metallglanz, eigenthümlich unangenehmem Geschmacke und, wenn es gerieben wird, auch unangenehmem Geruche. Es ist so hart, dass es durch das Messer nur wenig angegriffen wird. Nächst dem Eisen und Platin besitzt es die grösste Elasticität und Zähigkeit. Es hat ein spec. Gewicht von 8,6—8,9. Es ist klingend und lässt sich zu dünnen Blättern ausschlagen und zu dünnem Drahte ausziehen. Es schmilzt erst in hoher Temperatur (bei etwa 1000°, schwerer als Silber, leichter als Gold) und bleibt an trockner Luft unverändert, in feuchter kohlensäurehaltiger aber überzieht es sich bald mit einer Haut von basisch kohlensaurem Kupferoxyd (Grünspan, *Aerugo nobilis*, Patina). Bei gelindem Erhitzen bildet sich auf dem Kupfer ein rother Ueberzug von Kupferoxydul (rothe Bronze). Dieser Ueberzug verändert sich an der Atmosphäre minder leicht als das metallische Kupfer; deshalb erzeugt man ihn auf kupfernen Geräthen häufig auf künstliche Weise, dass man dieselben mit feuchtem Eisenoxyd überzieht, erhitzt und sodann ablöscht. Zum Bronziren von Münzen wendet man eine siedendheisse Lösung von gleichen Theilen Salpeter und Kochsalz, 2 Th. Salmiak in 96 Th. Essig an, zu welchem man 1 Th. Ammoniak gesetzt hat. Man benutzt das Kupfer zu Siedepfannen in Zuckerfabriken, Blasen und Kühlapparaten in Brennereien und Brauereien, zum Beschlagen der Schiffe, zum Graviren (Kupferstich), zur Fabrikation der Kupfermünze, des Kupfervitriols, der Kupferfarben etc. Mit anderen Metallen vereinigt es sich zu den verschiedensten Legirungen.

Legirungen des Kupfers.

Von den Legirungen des Kupfers erwähnen wir als die wichtigsten die Bronze, das Messing und das Neusilber.

Die Bronze.

Die Bronze ist eine Legirung aus Kupfer und Zinn, oder Kupfer, Zinn und Zink. Durch den Zusatz von Zinn oder von Zinn und Zink wird das Kupfer leichtflüssiger und daher brauchbarer zum Guss, dichter und deshalb politurfähiger; es wird ferner härter, spröder, klingender und tönender und ist weit wohlfeiler als reines Kupfer, wodurch es ebenfalls zu vielen Zwecken geeigneter wird. Die hauptsächlichsten Arten der Bronze sind Glockenmetall, Kanonenmetall und Statuenbronze.

*α*) Glockenmetall (Glockengut, Glockenspeise) besteht durchschnittlich aus 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn. Es muss Klang mit Härte und Festigkeit verbinden. Es ist ein sprödes Metall und deshalb ist die Behandlung der Glocke auf der Drehbank nicht mehr ausführbar; die Glocke muss demnach den Ton, den sie erhalten soll, durch den Guss, durch ihre Form und durch die Metallmischung erhalten. Zuweilen wird dem Metall, um Zinn zu sparen, Zink und Blei zugesetzt, was leicht

schädlich sein kann. Ein Vorurtheil ist es hingegen, dass, um der Glocke einen besonders hellen Klang zu verschaffen, Silber beigemischt werden müsse.

*β*) Kanonenmetall (Geschützmetall, Stückgut, Kanonengut) besteht durchschnittlich aus 100 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn und muss mechanisch und chemisch dauerhaft sein. Die mechanische Dauerhaftigkeit erfordert 1) Zähigkeit, damit das Geschütz nicht beim Entzünden der Ladung, wobei dasselbe einem Drucke von wenigstens 1200 — 1500 Atmosphären ausgesetzt ist, gesprengt werde; 2) Elasticität, damit den durch die häufigen und stossweissen Gasentwickelungen auf die Cohäsion geschehenden Angriffen entgegengetreten werde; 3) Härte, welche die beim Anschlagen des Geschosses entstehenden Vertiefungen in der inneren Wand des Geschützes (der Seele), die sogenannten Kugellager, verhindern soll. Die chemische Beständigkeit endlich verlangt die möglichst grösste Unangreifbarkeit des Geschützes durch die Luft, durch die Zersetzungsproducte des Schiesspulvers und der Schiessbaumwolle und durch die bei der Entzündung derselben bewirkte hohe Temperatur.

*γ*) Statuenbronze zu Bildsäulen, Büsten, Verzierungen besteht aus Kupfer, Zinn, Blei und Zink. Sie muss so zusammengesetzt sein, dass sie im geschmolzenen Zustande dünnflüssig genug ist, um die Gussform vollständig auszufüllen und einen reinen scharfen Guss zu liefern, der sich leicht ciseliren lässt und eine schöne grüne Patina annimmt. Die Reiterstatue des Königs Ludwigs XIV. in Paris (1699 beendigt) besteht aus 91,40 Kupfer, 5,53 Zink, 1,70 Zinn und 1,37 Blei; die Reiterstatue von Ludwig XV. aus 82,45 Kupfer, 10,30 Zink, 4,10 Zinn und 3,15 Blei; die von Heinrich IV. (auf dem pont neuf zu Paris) aus 89,62 Kupfer, 4,20 Zink, 5,70 Zinn und 0,48 Blei. Man schätzt an der Statuenbronze die Eigenschaft, sich bald mit einer gleichmässigen und schön grünen Oxydschicht (Antikbronze, Patina, patine verte, patine antique) zu überziehen, eine Schicht, deren Bildung man auch häufig durch Anwendung chemischer Mittel befördert.

Das Messing. Das Messing gehört zu den ältesten und am längsten bekannten Legirungen. Zink und Kupfer verbinden sich in allen Verhältnissen mit einander, aber nur das Messing hat unter allen Legirungsverhältnissen allein technische Anwendung gefunden. Die Quantität der beiden Metalle im Messing variirt je nach der Anwendung, die von dem Messing gemacht werden soll. Durchschnittlich beträgt der Zinkgehalt 30 pCt. Im Allgemeinen ertheilt ein geringerer Zinkgehalt dem Messing eine dunklere röthlichgelbe Farbe, ein grösserer Zinkgehalt eine lichtere gelbliche Färbung. Je grösser der Kupfergehalt ist, desto dehnbarer ist das Messing. In kaltem Zustande ist das Messing hämmerbar und lässt sich strecken, walzen und zu Draht ausziehen; in heissem Zu-

stande erhält es leicht Brüche und Risse. Ein hämmerbares oder schmiedbares Messing (yellow metal), welches sich in der Glühhitze unter Hammer und Walzen strecken lässt, erhält man durch Zusammenschmelzen von 40 Th. Zink mit 60 Th. Kupfer. Das Messing hat vor dem reinen Kupfer vielfache Vorzüge. Es hat eine angenehmere Farbe, oxydirt sich nicht so leicht, besitzt grössere Härte und Steifheit (und eignet sich nur deshalb zu Blechgefässen und Stecknadeln), niedrigeren Schmelzpunkt und ist im geschmolzenen Zustande weit dünnflüssiger, ohne beim Erstarren wie das Kupfer blasig zu werden; es ist aus diesem Grunde, und weil es weit billiger ist als Kupfer, zu Gusswaaren ein schätzbares Material. Ein Zusatz von Blei (1—2 pCt.) macht das Messing zur Bearbeitung auf der Drehbank geeignet; solches Messing lässt sich auch besser feilen, da es die Feilen nicht verschmiert.

Die Fabrikation des Messings geschieht auf zweifache Weise: 1) entweder durch Zusammenschmelzen von Galmei, Kohle und Schwarzkupfer, oder 2) durch Zusammenschmelzen von metallischem Zink mit Garkupfer.

Die Messingbereitung mittelst Galmei ist die älteste und jetzt schon fast allgemein aufgegebene Methode. Man bedient sich dazu solcher Oefen, in welchen 7—9 Tiegel aus feuerfestem Thon zu gleicher Zeit eingesetzt werden können. Die Tiegel stehen auf einem Rost. Man benutzt gewöhnlich gerösteten Galmei und zinkhaltigen Ofenbruch der Hohöfen. Da man mit Galmei dem Messing nicht mehr als 27—28 pCt. Zink geben kann, so setzt man kurz vor dem Giessen der geschmolzenen Masse Galmei zu. Früher liess man die Messingfabrikation in zwei Operationen zerfallen: die erste bezweckte die Herstellung einer Legirung (Arcoschmelzen), welche nur 20 pCt. enthielt; bei der zweiten verband man das Arco (Rohmessing, Stückmessing) mit einer neuen Zinkmenge, um es in eigentliches Messing zu verwandeln (Tafelmessingschmelzen). Das Arcoschmelzen ist ein sehr unvortheilhaftes Verfahren, weil die Schmelzkosten dadurch unnöthig vergrössert werden, doch war man früher der Ansicht, es werde durch ein besonderes Arco- und Tafelmessingschmelzen ein besseres Product erhalten. Das Arcoschmelzen fällt gegenwärtig hinweg und man giebt dem Metallgemisch, wenn es in Fluss gekommen ist, das noch mangelnde Zink. Auf gleiche Weise verfährt man mit dem Ofenbruche, aus welchem allein, ohne Zusatz von metallischem Zink, kein Messing hergestellt werden kann. Beim Guss zu Tafelmessing wird der Inhalt aus allen Tiegeln in einem Tiegel (dem sogenannten Giesser), welcher vor dem Messingschmelzofen in einer Grube (dem Monthal) steht, zusammengegossen, das flüssige Metall mit einem eisernen Stabe (Kaliol) umgerührt und die Oberfläche gereinigt, worauf der Inhalt in die bestimmten Formen gegossen wird. Der Guss in eisernen Formen gelingt nicht gut, wenn es sich um die Herstellung dünner Platten handelt,

daher giesst man zwischen Granittafeln, von denen je zwei eine Gussform ausmachen. Die Granittafeln erhalten einen Ueberzug aus Lehm und Kuhmist und werden vor dem Guss gut angewärmt. Es können gegen zwanzig Tafeln gegossen werden, ehe man den Lehmüberzug zu erneuern braucht. Die gegossenen Tafeln werden hierauf überarbeitet, um die Gussnaht zu beseitigen, und dann vermittelst einer Circularsäge in Stücke von passender Form zerschnitten.

Die Fabrikation des Messings aus Zink kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden. Die einfachste und vorzüglichste Methode besteht in der Anwendung gewöhnlicher Tiegel, in welche Kupfer und Zink mit einander geschichtet eingetragen werden und eine starke Decke von Kohlenstaub erhalten. Kupfer und Zink werden in zolldicken Stücken angewendet. Ein Arcoschmelzen findet bei diesem Verfahren nicht statt.

Bisweilen setzt man auch schon dünn gewalztes Kupferblech Zinkdämpfen aus, um es in Messingblech überzuführen.

Dem Messing ähnliche Legirungen sind Tombak (rothes Messing, Rothmetall), welches auf 1 Th. Zink stets mehr als $2^1/_2$ Th. Kupfer enthält. Aus 2 Th. Zink und 11 Th. Kupfer stellt man in Nürnberg und Fürth die Legirung dar, die von den dasigen Metallschlägern zu Blattgold (Goldschaum) verarbeitet wird. Andere Kupferzinklegirungen von goldähnlicher Farbe, die jetzt keine oder doch nur spärliche Anwendung finden, sind: Prinzmetall, Semilor, Manheimer Gold, Pinchbak etc.

Das Neusilber. Das Neusilber (Argentan, Pakfong, Weisskupfer), ist eine Legirung aus Kupfer, Nickel, Zink oder Zinn, die man auch betrachten kann als Messing mit einem Zusatze von $^1/_6$—$^1/_3$ Nickel. Das Neusilber ist von fast silberweisser Farbe, von dichtkörnigem oder feinzackigem Bruche, 8,4—8,7 spec. Gewichte und ist härter, aber fast eben so dehnbar als gewöhnliches Messing. Es ist im hohen Grade politurfähig.

Bei der Bereitung des Neusilbers werden Zink, Kupfer und Nickel im zerkleinerten Zustande, letzterer meist als Würfelnickel angewendet. Man bringt die Metalle gemengt in einen Tiegel, doch in der Weise, dass oben und unten etwas Kupfer zu liegen kommt, bedeckt das Ganze mit Kohlenpulver und schmilzt, wobei öfters mit einem eisernen Stabe umgerührt wird. Gutes Neusilber gleicht 12löthigem Silber und nimmt eine schöne Politur an, welche an der Luft unverändert bleibt. Es wird von sauren Flüssigkeiten weit weniger als Kupfer und Messing angegriffen, weshalb es ohne Gefahr zu Geschirren, in denen Speisen aufbewahrt werden sollen, Anwendung finden kann.

Die Zusammensetzung des Neusilbers ist:

| | |
|---|---|
| Kupfer | 50—66 |
| Zink | 19—31 |
| Nickel | 13—18,5. |

In Sheffield werden nachstehende Sorten gefertigt:

| | Kupfer. | Nickel. | Zink. |
|---|---|---|---|
| Ordinär | 8 | 2 | $3^1/_2$ |
| Weiss | 8 | 3 | $3^1/_2$ |
| Electrum | 8 | 4 | $3^1/_2$ |
| Strengflüssig | 8 | 6 | $3^1/_2$ |
| Tutenay | 8 | 3 | $6^1/_2$. |

Das Neusilber ist selbst auf dem Probirsteine kaum vom 12löthigen Silber zu unterscheiden. Befeuchtet man aber den Strich mit Salpetersäure, so wird er rascher gelöst als der von Silber, und auf Zusatz von Salzlösung erfolgt keine Trübung.

Das im Handel vorkommende Chinasilber, aus dem man gegenwärtig Milchkannen, Theeservice, Gabeln, Löffel u. s. w. fabricirt, ist galvanisch versilbertes Neusilber, welches etwa 2 pCt. seines Gewichtes an Silber enthält und sich durch vollkommene Aehnlichkeit mit silbernen Gefässen und Geräthschaften, bei bedeutend billigerem Preise empfiehlt. Dem Chinasilber ähnlich sind die unter dem Namen Perusilber und Alpaka aufgetauchten Legirungen.

Eine andere silberhaltige Nickellegirung wird in der Schweiz seit 1850 als Scheidemünzmetall angewendet. Es sollen in 1000 Th. enthalten

| die Stücke von | Silber. | Kupfer. | Zink. | Nickel. |
|---|---|---|---|---|
| 20 Rappen | 150 | 500 | 250 | 100 |
| 10 ,, | 100 | 550 | 250 | 100 |
| 5 ,, | 50 | 600 | 250 | 100. |

Das eigenthümliche Verfahren, das Silber anstatt mit Kupfer mit Neusilber zu legiren, wurde wohl durch das Bestreben hervorgerufen, der geringhaltigen Silberscheidemünze ein weniger unehrenhaftes Aussehen zu verleihen, als das Scheidemünzsilber darbietet, wenn es abgegriffen ist. Die Schweizer Münzen werden allerdings durch die Abnutzung nicht roth, nehmen aber dagegen eine nicht angenehme, schmutzig gelbe Farbe an.

Kupfervitriol. Der Kupfervitriol, cyprische Vitriol oder schwefelsaures Kupferoxyd findet sich in der Natur als Ueberzug, oder in derben, nierenförmigen Massen, oder aufgelöst im Cementwasser. Er krystallisirt mit fünf Aequivalenten Wasser in schönen blauen, grossen rhomboïdischen Säulen, welche sich in 2 Th. heissem und 4 Th. kaltem, nicht aber in Alkohol lösen. Das krystallisirte schwefelsaure Kupferoxyd besteht in 100 Theilen aus:

32,14 Th. Schwefelsäure,
31,79 Th. Kupferoxyd,
36,07 Th. Wasser;

seine Formel ist $CuO, SO_3 + 5 HO$.

Gewinnung des Kupfervitriols. Man stellt den Kupfervitriol chemisch rein dar, indem man metallisches Kupfer mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt; das Kupfer wird hierbei auf Kosten eines Theiles des Sauerstoffs der Schwefelsäure oxydirt, während schweflige Säure entweicht ($Cu + 2 SO_3 = CuO, SO_3 + SO_2$). Oft ist die Darstellung der schwefligen Säure der Hauptgrund zur Gewinnung des Kupfervitriols auf diesem Wege. Im

Grossen gewinnt man den Kupfervitriol, indem man 1) das natürlich vorkommende Cementwasser zum Krystallisiren abdampft, 2) indem man in einem Flammenofen Kupferplatten bis zum Siedepunkte des Schwefels erhitzt, den Ofen verschliesst und Schwefel hineinwirft. Der Schwefel verbindet sich mit dem Kupfer zu Schwefelkupfer ($Cu_2S$), das in einem Flammenofen bei sehr geringer Hitze oxydirt wird ($Cu_2S + 5\ O = CuO, SO_3 + CuO$); die geröstete Masse wird in einen Kessel gebracht und so viel Schwefelsäure hinzugesetzt, als nothwendig ist, alles Kupferoxyd zu sättigen. Die klare Lösung wird vom ungelösten Rückstande abgegossen und zur Krystallisation hingestellt. Man gewinnt den Kupfervitriol 3), indem man den Concentrationsstein oder Spurstein, der ungefähr 60 pCt. Kupfer enthält, mit Schwefelsäure behandelt; zu diesem Zwecke wird der Stein mehrere Male geröstet, dann in Kasten geschüttet und mit Wasser ausgezogen. Die Auflösung wird in bleiernen Gefässen abgedampft und in kupfernen Gefässen zum Krystallisiren hingestellt. Aus der von den Krystallen abgegossenen Mutterlauge fällt man das Kupfer durch metallisches Eisen, weil der daraus dargestellte Kupfervitriol zu eisenhaltig ausfallen würde. Der auf diese Weise gewonnene Kupfervitriol ist der wohlfeilste; er enthält ungefähr 3 pCt. Eisenvitriol. Häufig stellt man auch den Kupfervitriol aus Kupferabfällen, Kupferasche, Kupferhammerschlag durch Erhitzen derselben in einem Flammenofen bis zur vollständigen Oxydation und Lösung des Oxydes in verdünnter Schwefelsäure dar. 4) In grosser Menge erhält man den Kupfervitriol als Nebenproduct bei der Affinirmethode, oder bei der Scheidung des Goldes vom Silber. Bei dieser Methode wird das goldhaltige Silber mit Schwefelsäure behandelt, wodurch schwefelsaures Silberoxyd gebildet wird, während das Gold ungelöst zurückbleibt. Die Lösung des schwefelsauren Silberoxydes wird mit metallischem Kupfer zusammengebracht; es löst sich von letzterem ein Aequivalent in der Schwefelsäure auf, während das Silber metallisch gefällt wird ($AgO, SO_3 + Cu = CuO, SO_3 + Ag$). Der auf diese Weise dargestellte Kupfervitriol ist vollkommen rein. Der aus den Abfällen bei dem Kupferhüttenprocess gewonnene Kupfervitriol wird von beigemengtem Eisenoxydul durch Erhitzen in einem Flammenofen bis zur beginnenden Zersetzung befreit, das Eisenoxydul wird in Oxyd verwandelt, das beim Auflösen der Masse ungelöst zurückbleibt.

Doppelvitriol. Unter Doppelvitriol oder gemischtem Vitriol versteht man einen aus Kupfervitriol und Eisenvitriol bestehenden, zusammenkrystallisirten Vitriol. Der Salzburgervitriol (Doppel-Adler) enthält 76 pCt., der Admonter 83 pCt. und der Doppel-Admonter 80 pCt. schwefelsaures Eisenoxydul. Zuweilen findet sich in dem gemischten Vitriol auch noch schwefelsaures Zinkoxyd (weisser Vitriol). In der neueren Zeit wird aber der gemischte Vitriol weniger häufig angewendet.

Anwendung des Kupfervitriols. Der Kupfervitriol findet häufig Anwendung zur Dar-

stellung der Kupferfarben, des essigsauren Kupferoxydes, zum Verkupfern, zum Brüniren des Eisens, zum Färben des Goldes, zum Einweichen des Getreides vor dem Säen und vor Allem in neuerer Zeit zur Erzeugung galvanoplastischer Abdrücke.

Kupferfarben.

Kupferfarben. Von den vielen Farben, in welchen Kupfer den färbenden Bestandtheil ausmacht, seien folgende beschrieben: 1) Braunschweigergrün, 2) Bremergrün und Bremerblau, 3) Mineralgrün, 4) Schweinfurtergrün.

Braunschweigergrün.

Mit dem Namen Braunschweigergrün bezeichnet man verschiedene Kupferverbindungen, welche als Malerfarbe Anwendung finden. Was gegenwärtig im Handel unter diesem Namen vorkommt, ist basisch kohlensaures Kupferoxyd ($Cu\,O,\ C\,O_2 + Cu\,O,\ H\,O$) und eine Nachahmung des Berggrün, welches entweder fein gemahlener Malachit oder ein Bodensatz aus kupferhaltigen Cementwässern ist. Man gewinnt das Braunschweigergrün, indem man Kupfervitriol mit kohlensaurem Natron oder kohlensaurem Kalk, oder Kupferchlorid, durch Zersetzen von Kupfervitriol mit Kochsalz erhalten, mit einem kohlensauren Alkali zersetzt, den entstandenen Niederschlag mit heissem Wasser auswäscht und ihn dann mit Schwerspath, Permanentweiss, Zinkweiss oder Gyps nüancirt. Eine Sorte Braunschweigergrün, welche jedoch gegenwärtig nicht mehr benutzt zu werden scheint, ist ein basisches Kupferoxychlorid, welchem nach Ritthausen die Formel $Cu\,Cl,\ 3\,Cu\,O + 3\,H\,O$ zukommt. Das im Handel vorkommende Braunschweigergrün ist häufig mit dem arsenikhaltigen Schweinfurtergrün gemengt.

Bremerblau oder Bremergrün.

Das Bremerblau oder Bremergrün, ist wesentlich Kupferoxydhydrat und erscheint in Gestalt einer äusserst lockeren und leichten hellblauen Masse, deren Farbe jedoch etwas ins Grünliche geht. Je reiner blau und je lockerer die Farbe, desto höher steht es im Preise. Als Wasser- und Leimfarbe giebt es ein helles Blau (weshalb es Bremerblau genannt wird), mit Oel angewendet, geht dagegen die ursprüngliche blaue Farbe schon nach 24 Stunden in Grün über, welches dadurch entsteht, dass sich das Kupferoxyd des Bremergrüns chemisch mit den Bestandtheilen des Oeles (Oelsäure, Palmitinsäure) zu grüner Kupferseife verbindet. Das Bremergrün kommt in verschiedenen Nummern im Handel vor, welche durch Vermischen des Niederschlages mit leichten weissen Körpern, namentlich von Brei aus fein geschlemmtem Gyps hergestellt werden.

Als Ausgangspunkt der Fabrikation dient überall ein basisches Kupferoxychlorid $Cu\,Cl,\ 3\,Cu\,O + 4\,HO$). Der zur Darstellung dieser Verbindung eingeschlagene Weg ist ohne Einfluss auf die Eigenschaften der fertigen Farbe, insofern man nur mit Sorgfalt darauf bedacht ist, dass der blassgrüne Brei, in den Fabriken Oxyd genannt, kein Kupferchlorür ($Cu_2\,Cl$) enthält.

Die Bereitung geschieht nach Gentele auf folgende Weise:

I) 112,5 Kilogr. Kochsalz und
111 „ Kupfervitriol,

beide vollkommen eisenfrei, werden im trocknen Zustande mit Wasser zu einem dicken Brei gemahlen, wobei sich die aufgelösten Portionen zu Kupferchlorid und schwefelsaurem Natron umsetzen:

II) 112,5 Kilogr. altes Schiffskupfer

werden in quadratzollgrosse Stücke zerschnitten, in ein Fass geschüttet, in welchem sich mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser befindet und kräftig umgerührt, hierdurch wird alles Oxyd von der Oberfläche des Kupfers entfernt. Man wäscht das Kupfer mit Wasser rein ab.

III) Das gereinigte Kupfer wird nun in den sogenannten Oxydirkästen mit dem aus Kupferchlorid und Glaubersalz bestehenden Brei in $^1/_2$ Zoll dicken Lagen aufgeschichtet und diese Substanzen in einem Keller oder sonstigen Raum der gegenseitigen Einwirkung überlassen. Das Kupferchlorid nimmt zuerst Kupfer auf und verwandelt sich dadurch in Kupferchlorür, letzteres geht durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in die oben erwähnte unlösliche, grüne, basische Verbindung über. Um deren Bildung zu befördern, wird die Masse während des Verweilens in den Oxydirkästen alle 2—3 Tage mit einer kupfernen Schaufel umgeschaufelt. Da bekanntlich das Kupferchlorür beim Behandeln mit Alkalien und alkalischen Erden gelbes oder rothes Kupferoxydul abscheidet, so darf auch nicht die geringste Spur von Kupferoxydul zurückbleiben, weil sich sonst bei der weiteren Verarbeitung die reine Farbe des Bremergrün trüben würde. In manchen Fabriken hat man zur Beseitigung des Kupferchlorürs den Brei jahrelang unter öfterem Umschichten stehen lassen, ehe man ihn weiter verarbeitet. Man erreicht denselben Zweck, wenn man das feuchte Gemenge von Zeit zu Zeit vor der jedesmaligen Umarbeitung trocken werden lässt, wobei die Luft an die Stelle des verdunsteten Wassers tritt und so eine vollständige Oxydation bewirkt.

Nach beendigter Oxydation, in der Regel nach 3—5 Monaten, hebt man die zerfressene Kupfermasse aus den Oxydationskästen, bringt sie in einen Schlämmbottich und wäscht sie mit geringen Mengen Wasser zu einem dünnen Schlamm, welchen man von dem unoxydirten Kupfer trennt.

IV) Auf je 6 solche Eimer Schlamm setzt man 6 Kilogr. Salzsäure und lässt das innige Gemisch 1—2 Tage lang stehen.

V) In einen anderen Bottich, den Blaubottich oder Blauback, bringt man für je 6 Eimer des mit Salzsäure versetzten Schlammes 15 Eimer klare und farblose Kalilauge. Man verdünnt den angesäuerten Schlamm noch mit 6 Eimern Wasser und trägt den Inhalt der sauren Bütte schnell in die Kalilauge in dem Blaubottich ein, während einige Arbeiter den Inhalt des letzteren unausgesetzt umrühren.

Die basische Kupferverbindung geht durch die Behandlung mit Salzsäure in grünes neutrales Kupferchlorid über, welches letztere sich

mit dem Kali in Chlorkalium und blaues Kupferoxydhydrat (Bremerblau) umsetzt:

| | | |
|---|---|---|
| Neutrales Kupferchlorid $Cu\ Cl$ Kalilauge $KO, HO$ | geben | Bremerblau (Kupferoxydhydrat) $Cu\ O, H\ O$ Chlorkalium $K\ Cl$. |

VI) Nachdem das Ganze eine ziemlich steife Consistenz angenommen hat, lässt man es 1—2 Tage lang stehen, darauf wird der Niederschlag durch wiederholtes Umrühren mit Wasser und Decantiren von dem Kali und Chlorkalium befreit, hierauf auf Seihetüchern einige Wochen feucht erhalten und der Luft ausgesetzt und zuletzt gepresst, zerschnitten und bei einer Temperatur, welche 30—35° C. nicht überschreiten darf, getrocknet, indem bei höherer Temperatur das Hydratwasser entweichen und das Bremerblau in schwarzbraunes Kupferoxyd übergehen würde.

Nach andern Vorschriften erhält man das Bremerblau auf folgende Weise:

1) 50 Kilogr. fein zerschnittenes Kupferblech wird mit 30 Kilogr. Kochsalz unter Befeuchten von 15 Kilogr. zuvor mit dem dreifachen Volumen Wasser verdünnter Schwefelsäure gemischt. Hierbei wird Salzsäure frei, welche unter Mitwirkung der Luft das Kupfer zuerst in Kupferchlorid, dann in Chlorür überführt, woraus sich durch weitere Oxydation das basische Kupferchlorid bildet, welches man auf die angegebene Art durch Kalilauge zersetzt.

2) Man besprengt nach Habich das Kupferblech mit einer Auflösung von Kupferhammerschlag (Kupferasche) in reiner Salzsäure, um die basische Chlorkupferverbindung zu bilden.

3) Man versetzt neutrales salpetersaures Kupferoxyd mit einer zur Zersetzung unzureichenden Menge von kohlensaurem Kali oder Natron; der anfänglich sich bildende flockige Niederschlag von kohlensaurem Kupferoxyd verwandelt sich unter Abgabe von Kohlensäure nach und nach in basisch salpetersaures Kupferoxyd ($N\ O_5$, $2\ Cu\ O + HO$), welches sich als schweres grünes Pulver absetzt. Man übergiesst dieses Kupfersalz mit einer Auflösung von Zinkoxyd-Kali (durch Auflösen von Zinkweiss in Kalilauge erhalten), wodurch man eine tiefblaue, höchst lockere Farbe von grosser Deckkraft erhält, welche aus zinksaurem Kupferoxyd mit geringer Beimischung von höchst basisch salpetersaurem Kupferoxyd besteht.

4) Ein magnesiahaltiges Bremerblau erhält man durch Fällen einer Auflösung von Kupfervitriol, Bittersalz und etwas Weinstein durch Potasche, indem man die Auflösung der ersteren in die Potaschenlösung giesst und von letzterer einen Ueberschuss anwendet.

Mineralgrün und Mineralblau.

Das Mineralgrün oder Scheele's Grün, eine gegenwärtig nur noch selten angewendete, nur wenig deckende Farbe, besteht wesentlich aus Kupferoxydhyrat und arsenigsaurem Kupferoxyd. Man erhält es, indem man eine Auflösung von

1 Kilogr. reinem, eisenfreien Kupfervitriol in
12 Liter Wasser löst und mit einer Lösung von
350 Gramm arseniger Säure in
1 Kilogr. gereinigter Potasche und
8 Liter Wasser .

unter beständigem Umrühren versetzt. Der entstehende grasgrüne Niederschlag wird mit warmem Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Habich schlägt vor, die Flüssigkeit, welche arsenige Säure und Kupfervitriol enthält, nicht mit ätzendem oder kohlensaurem Kali oder Natron, sondern mit zinksaurem Kali zu fällen; man erhält eine zwar hellere, aber äusserst brillante Farbe.

Zuweilen versteht man unter Mineralgrün fein geriebenen Malachit oder auch basisches Kupferoxydhydrat.

Obgleich man unter Mineralblau in der Regel die helleren, mit Thon oder Kaolin etc. versetzten Sorten von Berlinerblau versteht, so bezeichnen andere mit diesem Namen oder dem Namen Bergblau (cendres bleues), eine blaue Malerfarbe, welche ehedem durch Mahlen und Schlämmen der reinsten Stücken des Kupferlasurs ($2\ Cu\ O, CO_2 + Cu\ O, HO$); in Tyrol und zu Chessy bei Lyon dargestellt wurde. Gegenwärtig soll man es darstellen, indem man eine Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd mit Aetzkalk, nach anderen Angaben mit Kali fällt, und den noch feuchten, aber ausgewaschenen Niederschlag mit Kreide, Gyps oder Schwerspath nüancirt. In Frankreich wird das Bergblau zum Theil noch feucht, in Form eines Teiges verkauft.

Die unter dem Namen Kalkblau in dem Handel vorkommende blaue Farbe wird durch Fällen einer Lösung von 100 Th. Kupfervitriol und $12^1/_2$ Th. Salmiak mittelst der Kalkmilch von 30 Th. gebranntem Kalk in der Kälte dargestellt. Diese Farbe besteht aus Kupferoxydhydrat und schwefelsaurem Kalk und ist nach der Formel $2\ (Ca\ O,\ SO_3 + 2\ HO) + 3\ (Cu\ O,\ HO)$ zusammengesetzt.

Oelblau. Das Oelblau, eine Farbe, welche mit Oelen und Firnissen zusammengerieben ein herrliches Veilchenblau giebt, ist Schwefelkupfer ($Cu\ S$).

Man wendet hierzu theils das in der Natur als Kupferindig vorkommende Schwefelkupfer, theils das künstlich dargestellte an. Man erhält das Oelblau durch Zusammenschmelzen von fein zertheiltem metallischen Kupfer mit Kaliumschwefelleber und Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wasser, wobei das Schwefelkupfer in kleinen glänzenden bläulichen Krystallen zurückbleibt, welche nach dem Trocknen fein zerrieben werden.

Schweinfurtergrün. Das Schweinfurtergrün ist die schönste und beliebteste, aber auch die gefährlichste aller Kupferfarben; es führt auch die Namen Mitisgrün, Kirchbergergrün, Kaisergrün, Papageigrün etc. etc., je nachdem das eigentliche Schweinfurtergrün rein, oder mit Schwerspath, schwefelsaurem Bleioxyd und Chromgelb nüancirt ist.

Die Zusammensetzung und die Darstellungsweise des Schweinfurtergrün war Fabrikgeheimniss, bis v. Liebig und nach ihm Braconnot die Bereitungsart veröffentlichten. Nach der Untersuchung von Ehrmann ist das Schweinfurtergrün im reinen Zustande eine Verbindung von neutralem essigsauren Kupferoxyd mit arsenigsaurem Kupferoxyd nach der Formel $C_4\ H_3\ Cu\ O_4 + 3\ (Cu\ O,\ As\ O_3)$ und besteht in 100 Th. aus

| | | |
|---|---|---|
| Kupferoxyd | 31,29 | Th. |
| arseniger Säure | 58,65 | „ |
| Essigsäure | 10,06 | „ |

Nach der Angabe von Ehrmann löst man gleiche Gewichtstheile arseniger Säure und neutralen Grünspans, jedes für sich, in Wasser, und mischt die concentrirten Lösungen siedend heiss mit einander. Es bildet sich sofort ein flockiger olivengrüner Niederschlag von arsenigsaurem Kupferoxyd, während die Flüssigkeit freie Essigsäure enthält. Wenn der Niederschlag in der Flüssigkeit ruhig stehen bleibt, so verringert er sein Volumen und wird dicht und krystallinisch; zugleich bilden sich in ihm grüne Stellen, welche nach und nach grösser werden, bis nach Verlauf von einigen Stunden er vollständig in eine intensiv grüne, körnig krystallinische Masse übergegangen ist. Diese neue Verbindung ist das Schweinfurtergrün; sie wird abfiltrirt und gewaschen; sie scheint auf die Weise zu entstehen, dass aus je vier Aequivalenten arsenigsauren Kupferoxydes ein Aequivalent arsenige Säure aus-, und eine äquivalente Menge von Essigsäure eintritt.

Die Vorschrift von Braconnot, mit Hülfe von Kupfervitriol Schweinfurtergrün zu bereiten, ist mit einigen Abänderungen die gegenwärtig in den Fabriken angewendete. Nach ihr löst man 15 Kilogr. Kupfervitriol in der kleinsten Menge siedenden Wassers und vermischt die heisse Lösung mit einer gleichfalls heissen und concentrirten Lösung von arsenigsaurem Kali oder Natron, welche 20 Kilogr. arsenige Säure enthält. Es bildet sich sofort ein schmutziggrüner Niederschlag. Indem man zu der Flüssigkeit 15 Liter concentrirten Holzessigs oder so viel setzt, dass sie nach Essigsäure riecht, verwandelt sich der Niederschlag in Schweinfurtergrün, welches, um die Abscheidung und Beimengung von arseniger Säure zu verhindern, sogleich abfiltrirt und mit siedendem Wasser ausgewaschen wird.

Es kommt demnach bei der Fabrikation von Schweinfurtergrün darauf an, möglichst billig auf nassem Wege neutrales arsenigsaures Kupferoxyd darzustellen und dieses durch Digestion mit verdünnter Essigsäure in arsenig-essigsaures Kupferoxyd überzuführen.

Das Schweinfurtergrün ist als Oel-, Wasser- und Kalkfarbe anwendbar. Es bildet ein aus smaragdgrünen, mikroskopischen Krystallen bestehendes Pulver, dessen Farbe um so satter ist, je grösser die Krystalle sind; beim Zerreiben wird die Farbe heller. Es befindet sich im Handel als krystallinisches Pulver und im zerriebenen Zustande als amorphes Schweinfurtergrün. Am Lichte und an der Luft bleibt es unveränderlich. Es ist unlöslich in Wasser; bei längerem Kochen mit Wasser wird es wahrscheinlich unter Verlust von Essigsäure braun.

Es ist bekannt, dass in Zimmern mit feuchten Wänden, deren Tapeten Schweinfurtergrün enthalten, sich ein widriger und Kopfschmerzen verursachender Geruch zeigt, der von einer sich entwickelnden flüchtigen Arsenikverbindung, wahrscheinlich Arsenikwasserstoff, herrührt.

Grünspan. Grünspan oder essigsaures Kupferoxyd kommt im Handel vor als neutraler oder krystallisirter Grünspan,

und als basischer Grünspan. Der neutrale oder krystallisirte Grünspan ist neutrales essigsaures Kupferoxyd ($C_4$ $H_3$ $CuO_4$, HO), das ursprünglich von den Holländern allein dargestellt wurde, die, um andere Fabriken irre zu leiten, das Präparat mit dem Namen „destillirter Grünspan“ bezeichneten. Der basische oder blaue Grünspan wird im Grossen hauptsächlich in der Umgegend von Montpellier dargestellt; man verfährt dabei, indem man die Weintreber in Fässern oder grossen irdenen Häfen sich selbst überlässt. Der in den Trebern enthaltene Zucker geht unter Mitwirkung der gleichzeitig vorhandenen Fermente in Alkohol und dieser dann in Essigsäure über. Dabei erhöht sich die Temperatur beträchtlich. Wenn nach Verlauf von 3 — 4 Tagen ein deutlicher Essiggeruch sich entwickelt, werden die Treber mit erhitzten Kupferblechen, die man vorher mit einer Auflösung von Grünspan bestrichen und wieder getrocknet hat, in irdenen Häfen geschichtet. Diese Häfen werden in einem Keller, dessen Temperatur $10^0$ bis $12^0$ beträgt, mit Strohmatten bedeckt, aufgestellt. Wenn sich auf den Blechen eine hinreichend starke Decke von Grünspan gebildet hat, kratzt man dieselbe ab, knetet den Grünspan in einem Fasse mit Wasser an und bringt den Brei in lederne Beutel, denen man durch Pressen eine viereckige Form giebt. Die vom Grünspan befreiten Bleche werden von Neuem benutzt, bis dieselben gänzlich aufgelöst sind. Dieser Grünspan ist blau und wird blauer oder französischer Grünspan genannt, er hat die Formel $C_4$ $H_3$ Cu $O_4$, CuO, HO + 5 Aq. Auf andere Weise erhält man den Grünspan, indem man wie z. B. in Grenoble Kupferplatten mit Essig befeuchtet und an einem warmen Orte aufstellt, oder Kupferplatten mit Flanelllappen, welche mit Essig getränkt sind, schichtet; dieser Grünspan ist von grüner Farbe und hat die Formel 3 CuO + $C_4$ $H_3$ $O_3$. — Der neutrale Grünspan $C_4$ $H_3$ Cu $O_4$ + HO wird erhalten 1) durch Auflösen des basischen Salzes in Essigsäure, 2) durch Zersetzen von Kupfervitriol mit Bleizucker (CuO, $SO_3$ + PbO, $C_4$ $H_3O_3$ = $C_4$ $H_3$ Cu $O_4$ + PbO, $SO_3$). Nach der ersten Methode löst man den basischen Grünspan in 4 Th. destillirtem Essig oder Holzessig unter Erwärmen in einem kupfernen Kessel auf, decantirt die klare Flüssigkeit und dampft sie dann bis zum Erscheinen einer Salzkruste ab, worauf sie in hölzerne Gefässe gebracht wird, in denen sich der neutrale Grünspan an hineingestellte Holzstäbe ansetzt. Nach dem zweiten Verfahren werden die Lösungen gemischt, die Flüssigkeiten von dem ausgeschiedenen schwefelsauren Bleioxyd abgegossen und unter Zusatz von etwas Essigsäure zum Krystallisiren abgedampft. Anstatt des Bleizuckers wendet man zur Zersetzung des Kupfervitriols auch essigsauren Kalk an. Der neutrale Grünspan kommt im Handel in Trauben (grappes) vor, die aus dunkelgrünen, undurchsichtigen Säulen bestehen, sich in 13,4 Th. kaltem und 5 Th. siedendem Wasser, in 14 Th. siedendem Alkohol lösen. — Man wendet beide Grünspansorten an als Oel- und Wasserfarbe, zur Bereitung von Kupfer-

Anwendung des Grünspans.

farben (Schweinfurter Grün), in der Färberei und Druckerei, als Farbmaterial, beim Vergolden und in früherer Zeit zur Darstellung der Essigsäure.

## Das Blei.

Blei. Vorkommen desselben. Das Blei ist seit den ältesten Zeiten bekannt. In der Natur kommt es nur sehr selten gediegen, häufig aber an Schwefel gebunden als Bleiglanz ($PbS$) und als Bournonit (Spiessglanzbleierz) vor. Letzteres Bleierz besteht aus 41,77 Th. Blei, 12,76 Kupfer, 26,01 Antimon und 19,46 Schwefel ($3\ Cu_2\ S, Sb\ S_3 + 2\ (3\ Pb\ S, Sb\ S_3)$, und wird auf Blei und Kupfer verarbeitet*). Ausserdem findet es sich noch als Weissbleierz (kohlensaures Bleioxyd, $PbO, CO_2$), als Grünbleierz (phosphorsaures Bleioxyd, $3\ (PO_5, PbO) + Pb\ Cl$), als Mimetesit (arseniksaures Bleioxyd, $3\ (As\ O_5, 3\ PbO) + Pb\ Cl$), als Vitriolbleierz (schwefelsaures Bleioxyd, $PbO, SO_3$), als Gelbbleierz (molybdänsaures Bleioxyd, $PbO, MnO_3$), und als Rothbleierz (chromsaures Bleioxyd, $PbO, CrO_3$).

Gewinnung des Bleies durch Niederschlagarbeit. Man gewinnt das Blei gewöhnlich aus dem Bleiglanz. Derselbe (86,55 Blei und 13,45 Schwefel gewöhnlich etwas Silber enthaltend) ist von bleigrauer Farbe, vollkommenem Metallglanz, krystallisirt in Würfeln, ist spröde und hat ein spec. Gewicht von 7,75. Ausser zur Bleigewinnung, dient er auch feingemahlen (als Glasurerz oder Alquifoux) zum Glasiren des Töpferzeuges, zur Herstellung des Pattinson'schen Bleiweisses, auch wohl als Streusand und zur Verzierung von Bijouteriearbeiten.

Die Gewinnung geschieht entweder durch Niederschlagarbeit oder durch Röstarbeit.

Die Gewinnung des Bleies aus dem Bleiglanze durch Niederschlagarbeit gründet sich auf das Verhalten des metallischen Eisens zu Bleiglanz. Wenn man nämlich Schwefelblei mit metallischem Eisen erhitzt, so bildet sich Schwefeleisen und metallisches Blei ($PbS + Fe = FeS + Pb$). Bei der Niederschlagsarbeit wird der Bleiglanz, der von dem fremden Gestein durch Ausschmelzen oder Schlämmen getrennt worden ist, mit Eisengranalien gemengt —

---

*) In mineralogischer Hinsicht wären hier folgende Mineralien zu erwähnen:

| | |
|---|---|
| Zinkenit | $Pb\ S + Sb\ S_3$ |
| Federerz | $2\ Pb\ S + Sb\ S_3$ |
| Boulangerit | $3\ Pb\ S + Sb\ S_3$ |
| Jamesonit | $3\ Pb\ S + 2\ Sb\ S_3$ |
| Meneghinit | $4\ Pb\ S + Sb\ S_3$ |
| Plagionit | $4\ Pb\ S + 3\ Sb\ S_3$ |
| Geokronit | $5\ Pb\ S + Sb\ S_3$ |
| Kilbrickenit | $6\ Pb\ S + Sb\ S_3$. |

die man erhält, indem man geschmolzenes Roheisen in Wasser giesst — und in einem Schachtofen niedergeschmolzen. Man erhält metallisches Blei und Bleistein, welcher letztere wesentlich aus Schwefeleisen, Schwefelblei und etwas Schwefelkupfer besteht*). In Freiberg in Sachsen enthält das so gewonnene Blei 16—32 Loth Silber im Centner, der Bleistein aber nur 4 Loth im Durchschnitte. 27 Th. Eisen können 103 Th. Blei aus dem Bleiglanze abscheiden. Anstatt des metallischen Eisens wendet man zur Abscheidung des Bleies aus dem Bleiglanz auch Eisenerze, Eisenfrischschlacken u. s. w. an.

Gewinnung des Bleies durch Röstarbeit. Die Gewinnung des Bleies aus dem Bleiglanze durch Rösten in Flammenöfen gründet sich auf das Verhalten des Bleioxydes und schwefelsauren Bleioxydes gegen Bleiglanz. Durch die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft wird ein Theil des Bleiglanzes zu Bleioxyd und schwefliger Säure oxydirt, nebenbei bildet sich auch schwefelsaures Bleioxyd. Durch den Sauerstoff des schwefelsauren Bleioxydes und des reinen Bleioxydes wird der Schwefel des noch unzersetzt gebliebenen Bleiglanzes oxydirt und entfernt ($3\ PbO + PbS = 4\ Pb + SO_2 + O$; $PbO, SO_3 + PbS = 2\ Pb + 2\ SO_2$). Ist bei dem Röstungsprocesse überschüssiger Bleiglanz vorhanden, so bildet sich ein Bleisubsulfuret ($Pb_2 S$), aus welchem metallisches Blei, indem der Rückstand sich höher schwefelt, ausseigert ($2\ Pb_2\ S = 2\ PbS + 2\ Pb$). Das Rösten des Bleiglanzes wird auf dem Herd eines Flammenofens ausgeführt, der sich nach der Mitte oder nach der Seite hin vertieft. Das Erz wird bei brauner Rothglühhitze zwei Stunden lang geröstet, darauf die Oeffnung des Ofens verschlossen und stärker erhitzt, wobei die Einwirkung des Bleioxydes und schwefelsauren Bleioxydes auf den Bleiglanz vor sich geht. Das metallische Blei sammelt sich nebst dem dickflüssigen Bleisubsulfuret in der Vertiefung des Herdes an; letzteres wird auf den Herd zurückgeschoben, ersteres abgestochen.

Werkblei. Das durch die Niederschlags- oder durch die Röstarbeit gewonnene Blei heisst Werkblei und enthält etwas Silber, Kupfer, Antimon u. s. w. Um das Silber aus demselben abzuscheiden, unterwirft man das Werkblei der Entsilberung (Abtreiben, siehe Silber). — Die durch den Treibprocess entstandene Bleiglätte wird entweder als solche verwerthet oder durch den Frischprocess zu metallischem Blei reducirt. Das Frischen geht in Flammenöfen vor sich, auf deren Herden man die Bleiglätte mit Kohlen schichtet. Das auf diesem Wege gewonnene Blei enthält häufig Kupfer, Antimon, auch wohl etwas Silber.

(Randnotiz: Frischprocess.)

---

*) Rammelsberg giebt den Bleisteinen des Oberharzes, abgesehen von den kleinen Mengen der übrigen Schwefelmetalle, die Formel

$$n\ Fe\ S + m\ Pb\ S,$$

worin m und n ganze Zahlen bedeuten.

Es ist daher minder weich (Hartblei) als das aus reiner Glätte dargestellte Blei (Weichblei).

Eigenschaften des Bleies.

Das Blei ist von bläulich grauweisser Farbe, starkem Metallglanz, ist im reinen Zustande sehr weich, lässt sich mit dem Messer schneiden, mit dem Fingernagel ritzen und färbt ab. Obgleich es sich zu dünnen Blättern auswalzen lässt, ist seine Zähigkeit geringer, als die der anderen dehnbaren Metalle; ein Draht von 0,1 Zoll Dicke zerreist schon bei 30 Pfund Belastung. Specifisches Gewicht 11,441. Sein Schmelzpunkt ist bei 320°. Bei einer dem Schmelzpunkte nahe liegenden Temperatur ist es äusserst mürbe. An der Luft überzieht es sich mit der Zeit mit einem Häutchen, dasselbe geschieht noch schneller, wenn es geschmolzen ist.

Anwendung des metallischen Bleies.

Die Anwendung des Bleies ist eine sehr vielfältige. Man benutzt es in der Form von Bleiplatten zu Siedepfannen für Schwefelsäure, Vitriol und Alaun, zu Bleikammern bei der Fabrikation der englischen Schwefelsäure, ferner zu Röhren, Retorten, in dünnen Folien zum Einwickeln des Schnupftabaks (Tabakblei), zur Fabrikation des Schrots, zum Giessen von Kugeln, zu Legirungen, bei hüttenmännischen Processen zum Ausbringen gewisser Metalle, wie des Silbers und Goldes, zur Darstellung des Bleizuckers, der Mennige und des Bleiweisses.

Schrotfabrikation.

Der Flintenschrot ist bezüglich seiner Herstellung insofern interessant, als man sich dabei keiner Giessform bedient, da er in der That aus erstarrten Bleitropfen besteht.

Die Schrotfabrikation begreift fünf verschiedene Operationen:

1) das Schmelzen des Bleies;
2) das Körnen des geschmolzenen Metalles;
3) das Sortiren der Bleikörner nach ihrer Grösse;
4) die Sonderung der unregelmässig geformten Schrotkörner von den runden;
5) das Scheuern und Glätten der Körner;

Reines Blei wird in der Schrotfabrikation nicht angewendet, sondern stets mit geringen Quantitäten Arsenik legirt, wodurch es die Eigenschaft erhält, sich leichter körnen zu lassen. Die Menge des zuzusetzenden Arseniks richtet sich nach der Qualität des angewendeten Bleies. Gewöhnlich setzt man 0,3—0,8 pCt. Arsenik hinzu. Zu viel Arsenik bewirkt eine linsenförmige Abplattung der Körner, zu wenig eine länglichrunde Form. Man setzt das Arsenik entweder in Natur, oder als Schwefelarsenik oder arsenige Säure zu.

Setzt man das Arsenik als arsenige Säure zu, so bedeckt man die Oberfläche des geschmolzenen Bleies mit Kohlenstaub und steigert die Hitze sofort bis zur Rothgluth. Das Arsenik wird in grobes Papier gewickelt in einem eisernen Drahtkorbe in das geschmolzene Blei eingetragen und gut umgerührt. Zum Körnen des Bleies bedient man sich Blechkessel mit flachem Boden (Schrotform), die siebartig mit runden Löchern von gleichem Durchmesser versehen sind. Wollte man das Blei

einfach in die Schrotform giessen, so würden sich weit mehr ovale, als runde Körner bilden. In der Form muss sich daher eine poröse Masse befinden, welche sich fest an die Wände anlegt und das flüssige Blei in einer Temperatur erhält, dass es weder zu leicht noch zu schwierig durch die Poren fliesst. Dazu eignet sich das von dem geschmolzenen Metalle abgeschöpfte Gekrätz. Indem sich das flüssige Metall durch das Gekrätz einen Weg brechen muss und in einzelnen Tropfen durch die Formlöcher fliesst, nimmt es während des freien Falles, wie die Tropfen jeder anderen Flüssigkeit, Kugelgestalt an. Die Temperatur des geschmolzenen Bleies richtet sich nach der Schrotnummer; bei grobem Schrot muss sie so sein, dass ein hineingehaltener Strohhalm kaum gebräunt wird. Man erbaut eigene hohe thurmartige Gebäude, auf deren Höhe sich die Schrotform befindet. Statt der Thürme kann auch ein tiefer Brunnen oder eine Schacht dienen. Die schon während des Herabfallens erstarrten Schrotkörner werden in einem Gefässe mit Wasser aufgefangen, welches auf 100 Th. 0,025 Th. Schwefelnatrium gelöst enthält, um durch Bildung eines dünnen Ueberzugs von Schwefelblei die Oxydation der Schrotkörner an der Luft zu verhindern.

Nach einem durchaus verschiedenen Principe wird der sogenannte Centrifugalbleischrot dargestellt. Man dreht nämlich eine horizontale Scheibe, welche auf einer vertikalen Spindel befestigt und mit einer siebartig durchlöcherten Seitenwand aus Messingblech versehen ist, mit einer Randgeschwindigkeit von 1000 Fuss per Minute und giesst die geschmolzene Bleilegirung auf dieselbe. Das Metall wird durch die Löcher der Seitenwand in Folge der Centrifugalkraft in regulären, glänzenden, gleichgrossen Körnern auf einen um die Scheibe kreisförmig angebrachten Schirm aus Leinwand geworfen, ohne dass dieselben oval oder cylindrisch werden. Die gleichfalls in Centrifugalbewegung versetzte und sich mit grosser Geschwindigkeit erneuernde Luftmasse bringt die Körner zum Erstarren, noch ehe sie den Leinwandschirm berühren.

Die beim Durchgehen durch eine und dieselbe Schrotform entstehenden Körner sind nicht von gleicher Grösse. Man sortirt sie deshalb durch Siebe mit kreisrunden Löchern. Sind die Schrotkörner nach der Grösse sortirt, so müssen auch noch diejenigen abgesondert werden, welche nicht vollkommen rund sind oder andere Fehler haben. Zu diesem Zwecke bedient man sich einer etwas gegen den Horizont geneigten und mit Randleisten versehenen langen Tafel, an deren Seiten Rinnen angebracht sind, und welche in horizontaler Richtung hin- und herbewegt wird. Die runden Körner fallen in einen Kasten, der zu ihrer Aufnahme bereit steht, während die fehlerhaften, birnförmigen Schrote entweder liegen bleiben oder seitwärts in die Rinne und von da in einen besonderen Kasten laufen. Die letzte Operation ist das Scheuern und Glätten. Zu dem Ende giebt man sie neben Graphit (auf 100,000 Th. Schrot 6 Th. Graphit) in die Scheuertonne, die sich um eine eiserne horizontale Axe bewegt, und lässt so lange rotiren, bis der Schrot den erforderlichen Grad von Glätte und Glanz erlangt hat. Anstatt des Graphits hat man in England Quecksilber oder Zinnamalgam zum Ueberziehen der Schrotkörner

angewendet, wodurch die Körner einen vorübergehenden weissen Glanz annehmen; das Quecksilber erhöht jedoch die Fabrikationskosten, ohne das Fabrikat zu verbessern. Wenn eine weisse oder bronzeähnliche Farbe der Schrotkörner verlangt würde, möchte es zweckmässiger sein, beim Glätten anstatt des Graphits Bronzepulver in die Scheuertonne zu geben. Der Bleiverlust in der Schrotfabrikation beträgt gegen 2 pCt.

Gewöhnlich werden zehn verschiedene Schrotkaliber gefertigt und zwar von Nr. 0, dem gröbsten, bis zu Nr. 9 oder 10, dem feinsten. Die kleinsten Körner führen den Namen Vogeldunst.

Legirungen des Bleies.

Von den Legirungen des Bleies sind zu erwähnen das Schnellloth der Klempner (gleiche Theile Blei und Zinn), die Legirung zu Orgelpfeifen (nach einer Analyse von Erdmann 96 Th. Blei und 4 Th. Zinn), die Legirung der Weissgiesser (Blei, Antimon und Zinn), die Legirung zu Schiffsnägeln (3 Th. Zinn, 2 Th. Blei, 1 Th. Antimon), das Calain der Chinesen, aus welchem die Folien zum Ausfüttern der Theekisten verfertigt werden (126 Th. Blei, 17,5 Th. Zinn, 1,25 Th. Kupfer und eine Spur Zink); andere Legirungen zu Lettern und zu der Chemitypie siehe unten.

Bleiglätte.

Das Bleioxyd PbO findet in der Industrie Anwendung in zweierlei Gestalt, entweder als Massicot oder als Bleiglätte.

Das Massicot (gelbes Bleioxyd), ist ein gelbes Pulver, häufig mit einem Stich ins Röthliche, welches entweder durch Erhitzen von kohlensaurem oder salpetersaurem Bleioxyd, oder durch Calcination von Blei auf einem Flammenherd gewonnen wird. Vor dem Bekanntwerden des chromsauren Bleioxydes wurde es als gelbe Malerfarbe angewendet. Es schmilzt in der Rothglühhitze leicht zu einer glasartigen Masse, dem Bleiglas, welches indessen in den meisten Fällen ein Gemisch von geschmolzenem Bleioxyd mit kieselsaurem Bleioxyd ist. Die Bleiglätte wird als Hüttenproduct bei dem Silberverhüttungsprocesse gewonnen. Sie enthält stets grössere oder geringere Mengen von Kupferoxyd, etwas Antimonoxyd, auch kleine Mengen von Silberoxyd. Durch Digestion mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak kann sie von dem beigemengten Kupferoxyd befreit werden. Das Bleioxyd absorbirt aus der Luft Kohlensäure, in geschmolzenem Zustande verbindet es sich leicht mit der Kieselerde und den Silicaten und bildet mit den letzteren leicht schmelzbare Gläser. Es löst sich in Essigsäure, Salpetersäure, sehr verdünnter Salzsäure, es löst sich ferner in Kali- und Natronlauge durch Kochen auf. In kohlensaurem Ammoniak, kohlensaurem Kali und Natron ist es unlöslich. Es findet Anwendung in der Glasfabrikation zur Darstellung von Krystallglas, Flintglas und Strass, in der Potterie zu Glasur und als Fluss in der Porcellan- und Glasmalerei, zur Bereitung von Lein- und Mohnölfirniss, von Bleipflaster (ölsaurem Bleioxyd), von Kitt, Mennige und essigsaurem Bleioxyd. Eine Lösung von Bleioxyd in Kali- oder Natronlauge (Kali- oder Natronplumbat) dient zum Schwarzfärben von Horn (namentlich in

der Kammfabrikation, um gewöhnlichem Horn das Aussehen von Büffelhorn oder örtlich angewendet, von Schildkrot zu geben) und von Haaren (zu diesem Behufe nur in sehr verdünnter Lösung anwendbar), sowie in der Metallochromie.

Mennige. Die Mennige, Minium, ist keine eigenthümliche Oxydationsstufe des Bleies, sondern eine Verbindung von Bleiglätte (PbO) mit Bleisuperoxyd ($PbO_2$)*). Man stellt die Mennige dar, indem man Bleioxyd in einem Ofen bei Luftzutritt erhitzt. Der zu diesem Zwecke dienende Ofen ist ein Flammenofen, dessen Herd mit Ziegelsteinen gepflastert ist; auf diesen Herd bringt man das Bleioxyd, in die Feuerungsräume das Brennmaterial, dessen Flamme über den Herd schlägt und durch den Schornstein entweicht. Der Luftzug darf nur ein sehr geringer sein, da ausserdem das Bleioxyd schmelzen und in Bleiglätte übergehen würde, welche nicht zu Mennige oxydirt werden kann. Während des Erhitzens wird fortwährend umgerührt. Häufig erzeugt man die Mennige aus Bleioxyd, das man aus metallischem Blei in dem Flammenofen selbst dargestellt hat; es geschieht dies z. B. in der Fabrik von Bigaglia in Venedig, in welcher man an den heissen Stellen des Ofens Blei in Massicot, an den weniger heissen letzteres unter Umrühren in Mennige verwandelt. Die reinste Mennige erhält man durch Glühen von kohlensaurem Bleioxyd in einem Flammenofen; sie führt den Namen Pariser Roth. Man benutzt die Mennige zur Fabrikation des Bleiglases, als Farbematerial, zur Darstellung von Kitt für Glasröhren und Dampfleitungsröhren u. s. w.

Bleisuperoxyd. Durch Behandeln der Mennige mit Salpetersäure erhält man das Bleisuperoxyd als braunes Pulver, welches bei der Fabrikation der Zündwaaren in grosser Quantität Anwendung findet.

Verbindungen des Bleioxydes. Von den Verbindungen des Bleioxydes, die in den Gewerben Anwendung finden, sind zu erwähnen:

das essigsaure Bleioxyd (der Bleizucker),
das chromsaure Bleioxyd (das Chromgelb),
das kohlensaure Bleioxyd (das Bleiweiss).

Essigsaures Bleioxyd. Das essigsaure Bleioxyd oder der Bleizucker ($C_4$ $H_3$ Pb $O_4$, 3 HO) besteht in 100 Theilen aus:

58,71 Bleioxyd,
27,08 Essigsäure,
14,21 Wasser,

krystallisirt in vierseitigen Säulen, die sich in 1,66 Th. Wasser und 8 Th. Alkohol lösen; beim Erhitzen zerlegt es sich in kohlensaures Bleioxyd, das zurückbleibt und in sich verflüchtigendes Aceton. Mit Schwefelsäure bildet es schwefelsaures Bleioxyd und Essigsäure. Man stellt es dar,

---

*) Die Zusammensetzung der Mennige wird ausgedrückt nach Dumas durch $PbO_2$, 2 PbO; nach Winkelblech durch $Pb_2$ $O_3$, PbO; nach Longchamp durch $Pb_2$ $O_3$, 4 PbO; nach Houtton und Mulder durch $Pb_4$ $O_5$.

indem man Bleiglätte oder besser noch Massicot in bleiernen oder verzinnten kupfernen Pfannen, mit destillirtem Essig oder Holzessig behandelt, die geklärte Flüssigkeit abdampft und in Porcellanschalen oder hölzernen Kästen krystallisiren lässt. Aus 100 Th. Bleiglätte erhält man 150 Th. Bleizucker. Man wendet denselben in der Färberei, bei der Firnissbereitung und zur Darstellung von Farbematerialien an. Von dem dreibasisch essigsauren Bleioxyd (dem Bleiessig) wird bei der Bleiweissfabrikation die Rede sein.

Chromsaures Bleioxyd. Chromsaures Bleioxyd. Den Ausgangspunkt für das chromsaure Bleioxyd und für alle Chrompräparate bildet der Chromeisenstein, der wesentlich aus Eisenoxydul und Chromoxyd ($FeO$, Chromeisenstein. $Cr_2\ O_3$) besteht, also ein Magneteisenstein ist, in welchem das Eisenoxyd durch das isomorphe Chromoxyd ersetzt ist. Eben so findet sich häufig ein Theil des Chromoxydes durch Thonerde und Eisenoxyd, ein Theil des Eisenoxydules durch Talkerde und Chromoxydul vertreten. Es ist eisengrau bis pechschwarz. Von dem Gehalt an Chromoxyd ist der Werth des Chromeisensteins abhängig. Der von Baltimore eingeführte enthält 60 pCt., der steiermärkische 55 pCt., der französische nur 35 pCt. Chromoxyd.

Chromsaures Kali. Das chromsaure Kali. a) Neutrales oder gelbes chromsaures Kali $KO$, $Cr\ O_3$ wird dargestellt, indem man gemahlenen und geschlämmten Chromeisenstein mit Potasche und Salpeter gemengt auf der Sohle eines Flammenofens schmilzt. Durch den Sauerstoff des Salpeters werden Chromoxyd und Eisenoxydul höher oxydirt, ersteres zu Chromsäure. Aus der zerstossenen Masse zieht man durch Kochen mit Wasser das gebildete chromsaure Kali, unzersetzt gebliebenes kohlensaures Kali und etwas Kalialuminat aus. Die Lösung wird durch Holzessig zersetzt, wodurch Thonerde und Kieselerde zu Boden fallen, und darauf bis zum Erscheinen einer Salzhaut abgedampft. Das neutrale chromsaure Kali krystallisirt in citronengelben undurchsichtigen Säulen heraus, die sich leicht in Wasser, nicht aber in Alkohol lösen und grosse Neigung zeigen, in zweifach chromsaures Kali überzugehen. Schwefelsäure und Salpetersäure verwandeln es sogleich in diese Verbindung ($2\ KO,\ CrO_3 + SO_3 = KO,\ 2\ CrO_3 + KO,\ SO_3$). b) Das saure oder doppelt chromsaure Kali krystallisirt in wasserfreien, morgenrothen Prismen, die sich in 10 Th. Wasser lösen. Die Lösung wirkt in hohem Grade ätzend. Bei starkem Erhitzen entwickelt es Sauerstoff, während Chromoxyd und neutrales chromsaures Kali zurückbleibt. Man stellt dieses Salz durch Behandeln der neutralen Verbindung mit Salpetersäure oder Schwefelsäure dar.

Jacquelain hat in der neueren Zeit empfohlen, das Kalksalz als Ausgangspunkt zur Darstellung der chromsauren Salze zu benutzen; er schlägt vor, Chromeisenstein mit Kreide unter häufiger Erneuerung der Oberfläche zu glühen, die fein gemahlene Masse in heissem Wasser zu vertheilen und unter stetem Umrühren Schwefelsäure bis zur schwach sauren Reaction zuzusetzen. Das Kalk-

salz, welches nach dem Glühen einfach chromsaurer Kalk war, ist nach dem Behandeln mit Wasser und Schwefelsäure in zweifach chromsauren Kalk übergegangen. Ausser dieser Verbindung enthält die Lösung noch etwas schwefelsaures Eisenoxyd, das mittelst Kreide gefällt wird. Die Lösung enthält nur noch zweifach chromsauren Kalk und etwas Gyps. Das zweifach chromsaure Kali lässt sich aus diesem Salze einfach darstellen, indem man eine Lösung von kohlensaurem Kali auf zweifach chromsauren Kalk einwirken lässt, es bildet sich kohlensaurer Kalk, während die Lösung des zweifach chromsauren Kalis zum Krystallisiren abgedampft wird.

Tilghmann schlägt vor, gepulverten Chromeisenstein mit 2 Th. Kalk und 2 Th. schwefelsaurem Kali gemengt, 18 — 20 Stunden lang in einem Flammenofen zu glühen. Eine andere von demselben vorgeschlagene Methode besteht darin, Chromeisenstein mit Feldspathpulver und Kalk zu glühen.

Nach Swindells soll man den Chromeisenstein mit einem gleichen Gewicht Chlornatrium oder Chlorkalium gemengt, in einem Flammenofen bis zur angehenden Weissglühhitze unter fortwährendem Darüberleiten von stark erhitzen Wasserdämpfen erhitzen. Es entsteht chromsaures Natron oder Kali.

Chromsaures Bleioxyd. Man unterscheidet dreierlei Verbindungen der Chromsäure mit dem Bleioxyd, nämlich neutrales chromsaures Bleioxyd (Chromgelb), basisches (Chromroth) und ein Gemenge von neutralem mit basischem (Chromorange).

Das neutrale chromsaure Bleioxyd oder Chromgelb $PbO, CrO_3$ stellt man auf zweierlei Weise dar: entweder 1) durch Niederschlagen von chromsaurem Kali mit essigsaurem Bleioxyd oder 2) aus schwefelsaurem Bleioxyd oder Chlorblei. Nach der ersten Methode stellt man zunächst eine Bleiauflösung dar, wozu man sich kleiner Holzbottiche bedient, die terrassenförmig geördnet sind. Man füllt die Bottiche mit gekörntem Blei, schliesst die Hähne und giebt in den obersten Bottich eine Füllung von Essig. Nach etwa 10 Minuten öffnet man den Hahn am Boden und lässt die Flüssigkeit in den zweiten, von da in den dritten und vierten Bottich laufen. Der Essig kommt in dem Sammelbottich an, ohne erhebliche Bleimengen aufgenommen zu haben. Es soll auch durch diese erste Operation das Blei nur benetzt und zur Oxydation geneigt gemacht werden. Die Bottiche bleiben ohne Essigfüllung stehen, bis das Blei sich mit einem bläulich weissen Häutchen bedeckt. Der oberste Bottich erhält dann seine Essigladung; nach $^1/_2$ — 1 Stunde erfolgt die Entleerung des Essigs in den zweiten Bottich u. s. f., bis die gesättigte Bleilösung, basisch essigsaures Bleioxyd enthaltend, unten im Sammelbottich anlangt. Zum Behufe der Chromgelbfabrikation wird die Lauge mit so viel Essig versetzt, dass sie eben sauer zu reagiren beginnt und dann zum Abklären in einen grösseren Laugenbottich gebracht. In einem zweiten Laugenbottich hält man sich eine Auflösung von 50 Pfund zweifach chromsaurem Kali in 500 Liter Wasser vorräthig. Man giesst von der Bleilauge so lange in die Chromlösung, als noch in letzterer ein Niederschlag erfolgt, wäscht den Niederschlag aus, versetzt ihn, wenn eine ordinäre Sorte Chromgelb hergestellt werden soll, mit Gyps, Schwerspath oder auch Permanentweiss (künstlicher schwefelsaurer Baryt) und trocknet

ihn. Nach Liebig stellt man Chromgelb aus dem schwefelsauren Bleioxyd dar, indem man dasselbe mit einer warmen Lösung von gelbem chromsaurem Kali digerirt. Je nachdem grössere oder geringere Mengen des schwefelsauren Bleioxydes in chromsaures übergeführt wurden, entstehen mehr oder weniger hellgelbe Farben. Nach Habich giebt es zwei Doppelverbindungen von chromsaurem mit schwefelsaurem Bleioxyd, welche den Formeln Pb O, Cr $O_3$ + Pb O, $SO_3$ und Pb O, Cr $O_3$ + 2 Pb O, $SO_3$ entsprechen. Die erste derselben bildet sich, wenn eine Lösung von rothem chromsaurem Kali mit der entsprechenden Menge Schwefelsäure versetzt und mit der Bleilösung gefällt wird. Die zweite Verbindung entsteht, wenn der Schwefelsäurezusatz etwa um das Doppelte erhöht wird. Sie zeigt dieses Aufquellen im feuchten Zustande nicht, sondern bildet nach dem Trocknen eine feurige, fast schwefelgelbe Farbe von feurigem Bruche.

Nach Anthon erhält man ein schönes Chromgelb, wenn man 100 Th. frischgefälltes Chlorblei mit einer Lösung von 27 Th. zweifach chromsaurem Kali digerirt.

Chromroth. Das basisch chromsaure Bleioxyd oder Chromroth (Chromzinnober, österreichischer Zinnober), 2 Pb O, Cr $O_3$ ist eine rothe Farbe, welche in neuerer Zeit vielfach als Anstreichefarbe angewendet wird, und entsteht aus dem neutralen chromsauren Bleioxyd dadurch, dass man demselben die Hälfte seiner Chromsäure durch Kali, entweder durch Schmelzen mit Salpeter oder durch Kalilauge entzieht.

Nach Liebig und Wöhler stellt man das Chromroth dar, indem man Salpeter (am zweckmässigsten ein Gemenge nach gleichen Theilen von Kali- und Natronsalpeter) bei ganz schwacher Glühhitze zum Schmelzen bringt und nach und nach in kleinen Antheilen reines Chromgelb einträgt. Die Masse im Tiegel wird mit Wasser ausgezogen und das sich abscheidende Chromroth nach gutem Auswaschen getrocknet. Das so erhaltene Chromroth ist von prächtig zinnoberrother Farbe und besteht aus lauter glänzenden Krystallpartikelchen. Auf nassem Wege stellt man nach Dulong das Chromroth durch Fällen von essigsaurem Bleioxyd mit einer Lösung von chromsaurem Kali, zu welchem Kali gesetzt worden ist, dar. Alle Chromrothe, von dem dunkelsten Zinnoberroth bis zur matten Mennigfarbe, unterscheiden sich von einander nur durch die Grösse der Krystalle, aus welchen das Pulver besteht. Zerreibt man nämlich Chromroth von der verschiedensten Dunkelheit zu einem gleichförmig feinen Pulver, so resultirt bei allen ein Product von gleicher Dunkelheit und die brillante mit dem Zinnober wetteifernde Farbe ist verschwunden. Soll demnach ein Chromroth von grosser Farbentiefe hergestellt werden, so muss man der Krystallbildung Vorschub leisten und insbesondere jede Störung derselben durch Umrühren u. s. w. vermeiden.

Gemenge von neutralem und basisch chromsaurem Bleioxyd kommen in verschiedenen Nüancen unter dem Namen Chromorange in den Handel. Man erhält sie durch Fällen von basisch essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig) mit

chromsaurem Kali, durch Kochen von Chromgelb mit Kalkmilch oder endlich durch Behandeln von Chromgelb mit einer zur Ueberführung in Chromroth nicht hinreichenden Menge Kali. Anthon empfiehlt zur Darstellung von Chromorange 100 Th. Chromgelb mit 55 Th. kohlensaurem Kali oder 12—18 Th. Aetzkalk zu Kalkmilch gelöscht, zu behandeln.

Chromoxyd. Das Chromoxyd $Cr_2O_3$, das in der Glasfärberei, Porcellan- und Glasmalerei unter dem Namen Chromgrün vielfache Anwendung findet, wird auf verschiedene Weise dargestellt. Am schönsten und in einem Zustande, der in technischer Beziehung allen Anforderungen entspricht, erhält man es durch Glühen von chromsaurem Quecksilberoxydul ($2\ Hg_2O, CrO_3 = Cr_2O_3 + 5\ O + 4\ Hg$). Leider ist die Darstellungsart zu complicirt und zu kostspielig, um im Grossen angewendet zu werden. Lassaigne schlägt vor, gleiche Aequivalente von neutralem chromsauren Kali und Schwefel zu glühen und die geglühte Masse mit Wasser auszuziehen ($2\ KO, CrO_2 + 2\ S = KS + KO, SO_3 + Cr_2O_3$). Nach Wöhler mischt man neutrales chromsaures Kali mit Salmiak, glüht und laugt mit Wasser aus, wobei das Chromoxyd zurückbleibt.

Bleiweiss. Das Bleiweiss oder kohlensaure Bleioxydhydrat wird auf verschiedene Weise dargestellt. Man unterscheidet die holländische, französische und englische Methode. Die

Bleiweissfabrikation nach der holländischen Methode. holländische Methode der Bleiweissfabrikation ist auf die Erscheinung begründet, dass metallisches Blei in Berührung mit Essigdämpfen, Kohlensäure und Sauerstoff bei geeigneter Temperatur in Bleiweiss verwandelt wird. Die Mittel, nach dieser Methode Bleiweiss zu fabriciren, sind verschieden. In Holland und Belgien, auch in einigen deutschen Fabriken, wird das Blei in dünnen, spiralförmig gewundenen Blechen in irdene, inwendig glasirte Töpfe gesetzt, auf deren Boden sich ordinärer mit Bierhefe gemischter Essig befindet; die Töpfe werden mit Bleiplatten bedeckt und in Pferdemist eingegraben. Ein derartig vorgerichtetes Mistbad wird Looge genannt. Durch die in dem Pferdemiste eintretende Gährung wird die Temperatur erhöht, der Essig verdampft und giebt dadurch unter Mitwirkung des Sauerstoffs zur Bildung von basisch essigsaurem Bleioxyd Anlass. Durch die in dem gährenden Miste erzeugte Kohlensäure wird das basisch essigsaure Bleioxyd ($C_4H_3O_3 + 3\ PbO$) zersetzt in Bleiweiss und neutrales essigsaures Bleioxyd. In den meisten Fabriken Deutschlands und namentlich Oesterreichs (so zu Klagenfurt und Wolfsberg in Kärnthen) hat man den Gebrauch des Düngers gänzlich beseitigt. Man könnte diese Methode der Bleiweissdarstellung die deutsche oder österreichische nennen. Anstatt der Töpfe werden geheizte Kammern benutzt, in denen der Länge nach in mehrfachen Reihen über einander Latten sich befinden, über welche die Bleiplatten, dachförmig gebogen, gehängt werden. Der Boden der Kammern ist mit einer Schicht Lohe, Früchten, Weinlager, faulenden Stoffen u. s. w. bedeckt, durch welche Essig langsam durch-

sickert. Rationeller ist folgende Einrichtung: Der Boden der Kammern ist eine mit durchlöcherten Dielen bedeckte Kufe, in welcher sich erwärmter Essig befindet. Durch die Oeffnungen der Dielen gelangen die Essigdämpfe in die Kammern (W. Stein). In allen diesen Fällen werden die Bleibleche von ihrer Oberfläche aus nach innen zu, allmälig in Bleiweiss verwandelt. Dieses Rohproduct wird von dem Gehalte an essigsaurem Bleioxyd durch Auswaschen, von dem unangegriffenen, metallischen Blei durch Schlämmen befreit und kommt dann erst als reines Bleiweiss in den Handel. Eine jetzt in England gebräuchliche Modification der holländischen Bleiweissfabrikation besteht darin, dass man das feingekörnte, mit 1—1,5 pCt. Essig befeuchtete Blei in die, vom Boden aus mit Dampf auf ungefähr 35° erwärmten Fächer eines hölzernen Kastens bringt, in welchen ein Strom von Kohlensäure und hinreichend Dampf geleitet wird, um die Atmosphäre im Innern und das Blei eben feucht zu halten. Nach 10—14 Tagen ist die Umwandelung vollendet. Das rohe Bleiweiss wird wie gewöhnlich gewaschen und geschlämmt.

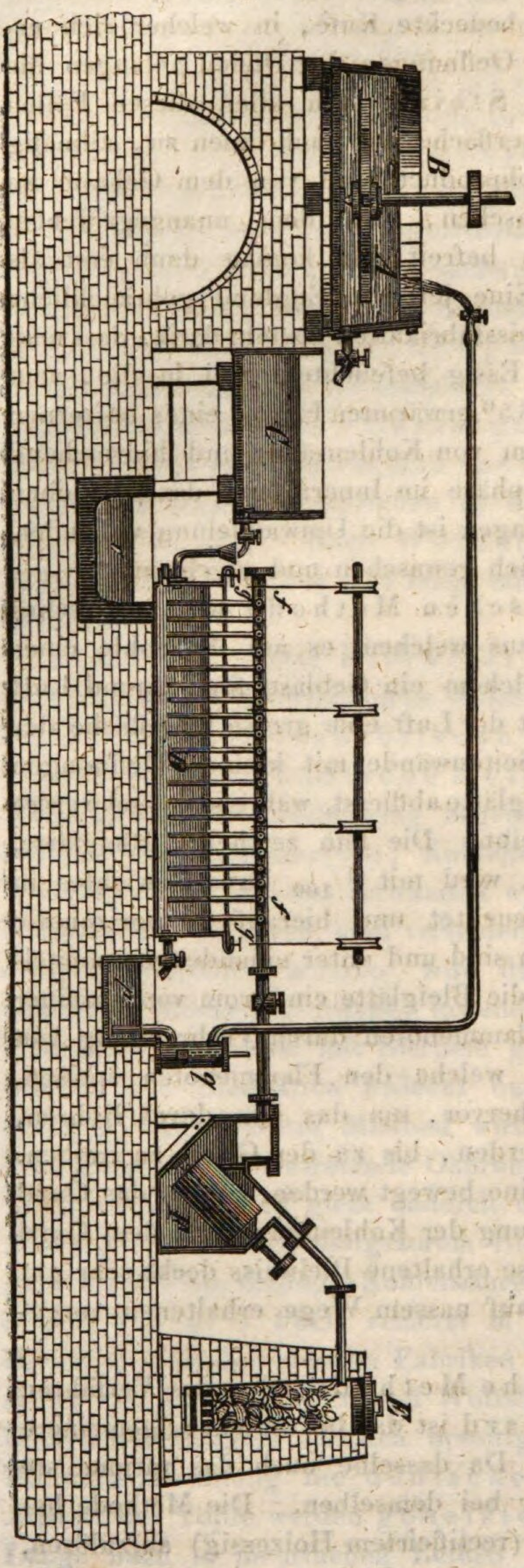
Nach der englischen Methode.

Nach der englischen Methode wird englisches Blei in einem Kessel geschmolzen, aus welchem es auf die Sohle eines grossen Flammenofens fliesst, zu welchem ein Gebläse fortwährend Luft führt. Das Blei zertheilt sich, bietet der Luft eine grosse Oberfläche dar und fliesst zu einer Rinne, deren Seitenwände mit kleinen Oeffnungen durchbohrt sind, durch welche die Bleiglätte abfliesst, während das schwerere Blei auf dem Boden der Rinne bleibt. Die fein zertheilte Bleiglätte, welche man auf diese Weise erhält, wird mit $^1/_{100}$ ihres Gewichtes in Wasser aufgelösten Bleizuckers befeuchtet und hierauf in horizontale Tröge gebracht, die oben verschlossen sind und unter einander communiciren. In diesem Zustande wird durch die Bleiglätte ein Strom von unreiner Kohlensäure geleitet, die in einem Flammenofen durch Verbrennung von Koks erzeugt wird. Die Gebläse, welche den Flammenofen speisen, bringen einen hinreichenden Druck hervor, um das Gas durch Röhren, die durch kaltes Wasser abgekühlt werden, bis zu der Glätte zu treiben. Krücken, die durch eine Dampfmaschine bewegt werden, rühren das Oxyd beständig um, wodurch die Verbindung der Kohlensäure mit dem Oxyd begünstigt wird. Das auf diese Weise erhaltene Bleiweiss deckt sehr gut und wird von den Engländern dem auf nassem Wege erhaltenen vorgezogen.

Bleiweissfabrikation nach der französischen Methode.

Die französische Methode oder das Verfahren von Thénard und Roard ist das bei weitem allgemeinere Verfahren der Bleiweissfabrikation. Da dasselbe auch das rationellste ist, so verweilen wir ein wenig länger bei demselben. Die Methode besteht darin, Bleiglätte in Essigsäure (rectificirtem Holzessig) aufzulösen, um eine Lösung von dreibasisch essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig $= C_4 H_3 O_3 + 3\,PbO$) zu erzeugen. Indem man dann durch diese Lösung Kohlensäuregas leitet, werden zwei Aequivalente Bleioxyd als Bleiweis

Fig. 64.




ausgefällt, während neutrales essigsaures Bleioxyd in Lösung zurückbleibt. Indem man die zurückbleibende Lösung von Neuem mit Bleiglätte digerirt, bildet sich wieder dreibasisch essigsaures Bleioxyd, aus welchem durch Kohlensäure abermals zwei Aequivalente Bleioxyd als Bleiweiss ausgefällt werden.

Der Apparat der Bleiweissfabrikation zu Clichy.

In Clichy bei Paris stellt man auf normale Weise das Bleiweiss in folgendem Apparate durch Zersetzen des Bleiessigs (dreibasisch essigsauren Bleioxydes) mittelst Kohlensäure dar. In dem Bottich *A* (Fig. 64) bewirkt man die Auflösung von Bleiglätte in Essigsäure, welche durch den Rührer *B* beschleunigt wird; aus diesem Bottich fliesst die Lösung des dreibasisch essigsauren Bleioxydes in das aus verzinntem Kupferblech bestehende Reservoir *C*, in welchem sich metallisches Blei, Kupfer und andere unlösliche Substanzen absetzen. Die klare Flüssigkeit fliesst aus *C* in den zur Zersetzung bestimmten Kasten *D*, der mit einem Deckel bedeckt ist, durch welchen 800 Röhren *g,g* bis ungefähr 32 Centimeter tief unter das Niveau der Flüssigkeit führen. Diese Röhren sind durch die gemeinsame grössere Röhre *f f* verbunden, welche wiederum mit dem Waschkasten *F* in Verbindung steht. In diesem Waschkasten sammelt und reinigt sich die Kohlensäure, welche in einem kleinen Kalkofen *E* durch die Zersetzung von $2^1/_2$ Maasstheilen Kreide und einem Maasstheile Koks unter Mitwirkung von atmosphärischer Luft erzeugt wird. Früher wurde die Kohlensäure durch Verbrennen von Holzkohle erzeugt. Nach Verlauf

von 12 — 14 Stunden ist die Zersetzung beendigt. Man lässt die über dem Bleiweiss stehende klare Lösung von neutralem essigsauren Bleioxyd in den Kasten *p* und den Bodensatz in das Reservoir *o* fliessen. Vermittelst einer Pumpe *q* pumpt man die Lösung von dem neutralen essigsauren Bleioxyd in den Bottich *A* zurück und fängt die Operation von Neuem an. Das in dem Reservoir *o* befindliche Bleiweiss wird wiederholt mit Wasser gewaschen und das erste Waschwasser mit der Flüssigkeit in dem Bottich *A* vereinigt. Das ausgewaschene Bleiweiss wird getrocknet. Um Kohlensäuregas behufs der Bleiweissfabrikation wohlfeil darzustellen, ist vorgeschlagen worden, ein Gemenge von kohlensaurem Kalk, Kohle und Braunstein zu glühen ($CaO, CO_2 + C + 3\ MnO_2 = Mn_3O_4 + CaO + 2\ CO_2$); man verwendet wohl auch die Kohlensäure, die sich bei der Gährung der Bierwürze und Branntweinmaische entwickelt, oder man benutzt endlich, wo sich die Gelegenheit darbietet, das der Erde entströmende Kohlensäuregas, indem man es durch ein Pumpwerk aufsaugt und durch Röhren dahin leitet, wo es benuzt werden soll. Bei Brohl in der Nähe des Laacher Sees wird auf diese Weise die Kohlensäure zur Bleiweissfabrikation benutzt.

Nach der jetzt nicht mehr gebräuchlichen Methode von Button und Dyer wird ein inniges Gemisch von schwach befeuchteter Bleiglätte mit einer geringen Menge Bleizuckerlösung in einen langen steinernen Trog gebracht und dann unter fortwährendem Durcharbeiten mittelst einer Maschine heisses Kohlensäuregas darüber geleitet. Ist alle Bleiglätte in Bleiweiss verwandelt, so wird die Masse gemahlen.

Bleiweiss aus schwefelsaurem Bleioxyd.

Das schwefelsaure Bleioxyd ($PbO, SO_3$) wird in grosser Menge als Nebenproduct bei verschiedenen chemischen Operationen, z. B. bei der Darstellung der essigsauren Thonerde aus Alaun und Bleizucker, oder bei der Essigsäure aus Bleizucker und Schwefelsäure, als werthloses Nebenproduct erzeugt, das der schwierigen Reduction wegen bis jetzt nicht auf metallisches Blei verarbeitet werden und seines geringen Deckungsvermögens wegen auch nicht anstatt des Bleiweisses Anwendung finden konnte. Jetzt hat man in Frankreich angefangen, das schwefelsaure Bleioxyd durch kohlensaure Alkalien in Bleiweiss umzuwandeln. Man wendet zu diesem Zweck kohlensaures Ammoniak oder kohlensaures Natron an ($PbO, SO_3 + NH_4O, CO_2 = PbO, CO_2 + NH_4O, SO_3$). Payen empfiehlt diese Methode für Gegenden, in denen schwefelsaures Bleioxyd in grosser Menge zu haben ist. Um das schwefelsaure Bleioxyd vortheilhaft auf metallisches Blei zu benutzen, wird dasselbe lufttrocken mit 67 pCt. Kreide, 12 — 16 pCt. Kohle und 37 pCt. Flussspath gemischt, in einem Ofen geschmolzen. Es wird hierbei zuerst kohlensaures Bleioxyd gebildet, das sodann durch die Kohle reducirt wird; auf der anderen Seite entsteht schwefelsaurer Kalk, mit welchem der Flussspath zu Schlacke zusammenschmilzt:

$$[PbO, SO_3 + CaO, CO_2 + 2\ C + n\ Fl\ Ca = Pb + 3\ CO + (CaO, SO_3 + n\ Fl\ Ca)],$$

Theorie der Bleiweissfabrikation.

Abgesehen von der zuletzt erwähnten Darstellungsart des Bleiweisses aus dem schwefelsauren Bleioxyd, ist die Bleiweissbildung nach allen angeführten Methoden abhängig:

1) von der Bildung von dreibasisch essigsaurem Bleioxyd;
2) von der Zersetzung dieser Verbindung in neutrales essigsaures Bleioxyd und in Bleiweiss.

Betrachten wir das Bleiweiss als kohlensaures Bleioxyd, so lässt sich die Bleiweissbildung durch folgende zwei Formeln anschaulich machen:

$$1)\ \underbrace{C_4\,H_3\,O_3,\,HO}_{\text{Essigsäure}} + \underbrace{3\,PbO}_{\text{Bleioxyd}} = \underbrace{C_4\,H_3\,O_3,\,3\,PbO}_{\text{3 bas. essigs. Bleioxyd}} + HO.$$

$$2)\ \underbrace{C_4\,H_3\,O_3,\,3\,PbO}_{\text{3 bas. essigs. Bleioxyd}} + \underbrace{2\,CO_2}_{\text{Kohlensäure}} = \underbrace{2\,PbO,\,CO_2}_{\text{Bleiweiss}} + \underbrace{C_4\,H_3\,O_4,\,PbO.}_{\text{neutral essigs. Bleioxyd.}}$$

Man sieht ein, dass eine beträchtliche Menge Bleiweiss durch eine verhältnissmässig geringe Menge von neutralem essigsauren Bleioxyd erzeugt werden kann. Die Bleiweisserzeugung würde auf diese Weise ohne Grenzen sein, wenn nicht das Bleiweiss eine gewisse Menge Bleizucker enthielte, wenn ferner bei der Fabrikation der Verlust an Essigsäure vermieden werden könnte.

Im Kleinen kann man die Bleiweissbildung vornehmen, indem man in den officinellen Bleiessig (Acetum plumbi) vermittelst einer Glasröhre einen Strom Kohlensäuregas leitet.

Bleiweiss aus Chlorblei.

Nach Tourmentin wird Bleiweiss mittelst basischen Chlorbleies (aus Kochsalz und Bleiglätte) dargestellt, indem man diese Verbindung mit Wasser umrührt, durch das Gemenge einen Strom Kohlensäuregas leitet und die Flüssigkeit in einem bleiernen Kessel mit Kreidepulver so lange kocht, bis sie filtrirt nicht mehr durch Schwefelammonium geschwärzt wird. Das gebildete Bleiweiss wird durch Waschen von dem Kochsalz befreit, geschlämmt und getrocknet.

Basisches Chlorblei als Surrogat des Bleiweisses.

Das basische Chlorblei, das in der neueren Zeit von Pattinson als Ersatzmittel des Bleiweisses vorgeschlagen worden ist, wird dargestellt, indem man eine heisse Lösung von Chlorblei (Pb Cl), die im Kubikfuss $24^1/_3$ Loth enthält, mit einem gleichen Volumen gesättigten Kalkwassers vermischt. Es setzt sich sogleich ein weisser Niederschlag (Pb Cl + PbO, HO) ab, der getrennt, gewaschen und getrocknet wird. Das Chlorblei wird durch Zersetzen von fein gemahlenem Bleiglanz in bleiernen Kesseln mit concentrirter Salzsäure dargestellt. Das sich hierbei entwickelnde Schwefelwasserstoffgas wird durch eine Röhre abgeleitet entzündet, und die Flamme in eine Schwefelsäurekammer geleitet, um auf diese Weise den Schwefel des Bleiglanzes zur Schwefelsäurefabrikation zu benutzen. Das Pattinson'sche Bleiweiss ist nicht ganz schneeweiss, sondern von einer etwas ins Bräunliche gehenden Farbe, welche aber in allen Fällen, wo das Bleiweiss mit etwas Schwarz

oder Blau versetzt werden soll, kaum zu bemerken sein wird. Dagegen besitzt es eine ausgezeichnete Deckkraft.

Eigenschaften des Bleiweisses.

Bleiweiss ist im reinen Zustande blendend weiss, ohne Geruch und Geschmack. Je nach der Darstellungart zeigt das Bleiweiss ein verschiedenes Aussehen; von den in den Töpfen gelegenen Bleiblättern erhält man das sogenannte Schieferweiss, das in Gestalt dünner Platten in den Handel kommt. Diejenigen Bleiplatten, mit denen die Töpfe zugedeckt waren, bekommen eine dickere Kruste, aus denen das gemeine Bleiweiss gebildet wird. Das Kremser Weiss ist reines Bleiweiss, mittelst Gummiwasser in Täfelchen geformt. Perlweiss ist mit etwas Berliner Blau oder Indigo versetzt. Mulder fand das im Handel vorkommende Bleiweiss zusammengesetzt aus 2 Aeq. kohlensaurem Bleioxyd und einem Aeq. Bleioxydhydrat 2 ($PbO$, $CO_2$) + $PbO$, $HO$. Hochstetter, welchem wir wichtige Aufschlüsse über die Fabrikation des Bleiweisses und deren Theorie verdanken, Link und Philipps untersuchten mehrere Bleiweisssorten, sie fanden in 100 Theilen:

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bleioxyd | 83,77 | 85,93 | 86,40 | 86,25 | 84,42 | 86,72 | 86,5 | 86,51 | 86,36 | 86,11 | 86,27 | 85,52 |
| Kohlensäure | 15,06 | 11,89 | 11,53 | 11,37 | 14,45 | 11,28 | 11,3 | 11,26 | 11,58 | 11,53 | 11,62 | 12,58 |
| Wasser | 1,01 | 2,01 | 2,13 | 2,21 | 1,36 | 2,00 | 2,2 | 2,23 | 2,05 | 2,34 | 2,21 | 1,58 |

1. Kremserweiss. 2. Gefälltes Bleiweiss aus Magdeburg. 3. Harzer Bleiweiss. 4. Kremserweiss. 5. Kohlensaures Bleioxyd, durch Nachahmung der holländischen Methode von Hochstetter selbst erzeugt. 6. Bleiweiss aus Offenbach. 7. Bleiweiss aus Klagenfurt. 8.—12. Englisches Bleiweiss, nach der holländischen Methode dargestellt.

Was die deckenden Eigenschaften des Bleiweisses anbelangt, so scheint es sicher zu sein, dass dieselben von dem Aggregationszustande abhängen; ein durch Fällung erhaltenes, lockeres krystallinisch körniges Bleiweiss deckt weniger, als ein nach der holländischen Methode bereitetes, dichteres. Nach Hochstetter scheint es, als ob die grössere Deckkraft des Bleiweisses mit dem grösseren Gehalte an Hydrat zunehme.

Verfälschung des Bleiweisses.

Man versetzt das Bleiweiss in den Fabriken häufig mit Schwerspath (zu 30,66, selbst bis zu 72 pCt.) und schwefelsaurem Bleioxyd, seltner mit Kreide, Gyps oder Thon. Reines Bleiweiss muss sich in verdünnter Salpetersäure vollständig lösen, durch überschüssig zugesetztes Aetzkali darf in der klaren Lösung kein Niederschlag entstehen (Kreide); der in Salpetersäure unlösliche Rückstand deutet auf Gyps, Schwerspath oder schwefelsaures Bleioxyd. Das Bleisalz verräth sich dadurch, dass eine Probe desselben auf Kohle vor dem Löthrohr erhitzt, Metallkügelchen zeigt; Schwerspath giebt sich dadurch zu erkennen, dass eine Probe mit Kohle erhitzt und der Rückstand mit verdünnter Salzsäure übergossen, mit Gypslösung einen weissen Niederschlag erzeugt; Gyps ebenso behandelt, giebt mit Gypslösung keinen, wohl aber mit oxalsaurem Ammoniak einen weissen Niederschlag.

Nach W. Stein ermittelt man in einem Gemenge von Bleiweiss mit Schwerspath die Menge des Bleiweisses am einfachsten durch den Glühverlust, welcher im directen Verhältnisse zur Menge des kohlensauren Bleioxydes steht. Derselbe beträgt bei unvermischten Proben durchschnittlich 14,5 pCt.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ein Gemenge von | 33,3 Th. | Bleiweiss | und | 66,6 Th. | Schwerspath | verlor | beim | Glühen | 4,5—5 pCt. |
| „ | „ | 66,6 „ | „ | 33,3 „ | „ | „ | „ | 6,5—7 „ |
| „ | „ | 80 „ | „ | 20 „ | „ | „ | „ | 13 „ |
| „ | „ | 50 „ | „ | 50 „ | „ | „ | „ | 10—10,4 „ |

Anwendung des Bleiweisses. Die Anwendung des Bleiweisses als Malerfarbe, zum Kitt, zum Leinölfirniss, zur Darstellung der Mennige ist bekannt. Mit der Anwendung des Bleiweisses ist der Nachtheil verbunden, dass dasselbe durch Schwefelwasserstoff ausserordentlich leicht afficirt und in Schwefelblei verwandelt wird. Thénard hat vorgeschlagen, die durch Verwandelung des Bleiweisses in Bleisulfuret schwarz gewordenen Oelgemälde durch Behandeln derselben mit einer Auflösung von Wasserstoffsuperoxyd zu restauriren. Durch den Sauerstoff dieser Verbindung wird nämlich das Schwefelblei in weisses schwefelsaures Bleioxyd verwandelt.

Ersatzmittel für Bleiweiss. Der eben angeführten Eigenschaft und der Giftigkeit des Bleiweisses wegen, hat man schon längst ein Ersatzmittel des Bleiweisses gesucht. Guyton de Morveau empfahl zu diesem Zwecke weinsauren Kalk, Zinnoxyd und Zinkoxyd, Ruolz Antimonoxyd, durch Erhitzen von Schwefelantimon an der Luft erhalten. Nach den Berechnungen von Ruolz soll sich das Antimonoxyd zu 16—18 fl. pro Centner darstellen; sein Deckvermögen soll mehr als das Doppelte von dem des holländischen Bleiweisses betragen. Es scheint jedoch nicht, als sei das Antimonoxyd in Anwendung gekommen. Göttling, Höpfner, Lampadius und Lassaigne haben von Neuem auf das Zinkoxyd (Zinkweiss), als Ersatzmittel für das Bleiweiss aufmerksam gemacht. Seit einigen Jahren hat nun die Fabrikation des Zinkweisses einen ausserordentlichen Aufschwung genommen und es ist ein hitziger Kampf zwischen Zinkweiss und Bleiweiss entbrannt, an welchem die interessante Erscheinung wahrgenommen worden ist, dass die Fabrikation und der Absatz des Bleiweiss trotz der ungeheuern Fabrikation von Zinkweiss nicht abgenommen haben. Ein anderer Concurrent ist dem Bleiweiss seit einigen Jahren in dem künstlich dargestellten schwefelsauren Baryt (Barytweiss, Permanentweiss, blanc fixe) erwachsen, welches als Wasserfarbe in Tapeten-, Buntpapier-, Kartenfabriken u. s. w. täglich grössere Aufnahme findet, indem das Barytweiss bei grossem Deckvermögen denselben Glanz beim Glätten annimmt als das Kremserweiss.

Was den Werth der Ersatzmittel mit dem des Bleiweisses verglichen betrifft, so hat die Erfahrung Folgendes gelehrt:

a) kein anderes für weisse Anstrichfarben verwendetes Material besitzt eine dem Bleiweiss gleichkommende Deckkraft;

b) das Zinkweiss besitzt wohl eine geringere Deckkraft als das Bleiweiss, da meist fünf Zinkweissanstriche erforderlich sind, um einen gleich weissen An-

strich zu erhalten, wie er durch dreimaligen Bleiweissanstrich erlangt werden kann; allein mit 1 Ctr. Zinkweiss reicht man, bei beinahe gleichem Preise, viel weiter als mit 1 Ctr. Bleiweiss. Der Vortheil der grösseren Wohlfeilheit, welchen hiernach das Zinkweiss dem Consumenten bieten würde, wird jedoch dadurch zum grössten Theile compensirt, dass der Zinkweissanstrich mehr Arbeitslohn und mehr Firniss erfordert. Es berechnen sich die Kosten eines guten Zinkweiss- und Bleiweissanstriches ziemlich gleich;

c) Zinkweiss erfordert etwa 5 Th. trocknendes Oel, während Bleiweiss nur 3 Th. verlangt;

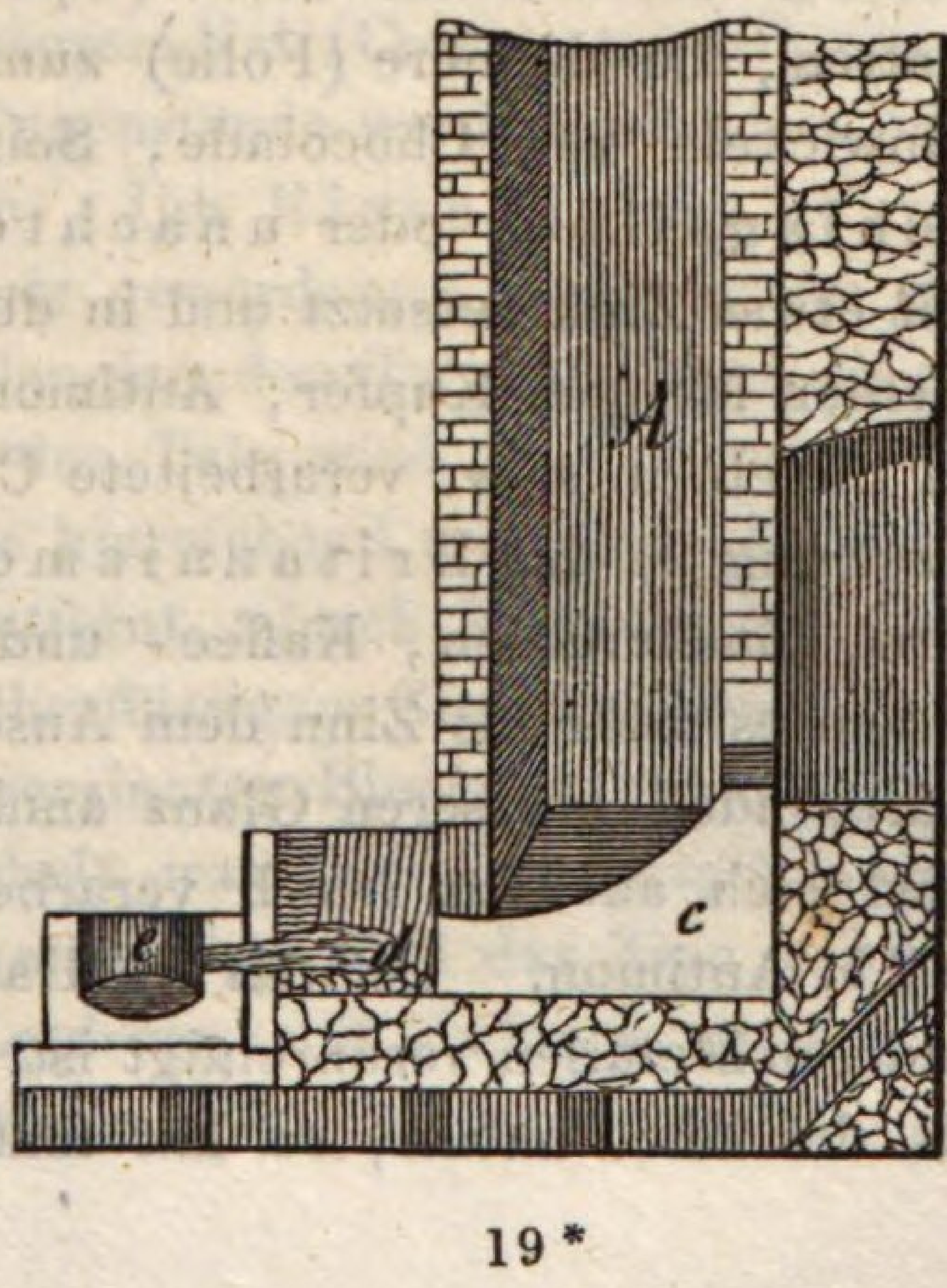
d) Barytweiss deckt mit Oelfirniss angerieben wenig, gut dagegen, wenn es mit gleichen Gewichtstheilen Zinkweiss gemischt ist; als Leimfarbe dagegen in mehreren Schichten dünn mit heller Leimlösung aufgetragen, besitzt es eine Deckkraft, welche der des Kremserweisses am nächsten steht.

## Das Zinn.

Zinn. Vorkommen und Gewinnung desselben.

Das Z i n n findet sich in der Natur nie gediegen, sondern oxydirt als Z i n n s t e i n ($SnO_2$ mit 79 pCt. Zinn), und als Schwefelzinn mit anderen Schwefelmetallen verbunden im Z i n n k i e s [$(2\ Cu_2\ S + SnS_2) + 2\ (FeS,\ ZnS),\ SnS_2$ mit 26—29 pCt. Zinn] vor. Nur aus dem Zinnstein wird das Zinn gewonnen. Der sogenannte aufgeschwemmte Zinnstein, der fast aus reinem Zinnoxyd besteht, wird direct in Gebläseöfen mit Kohle geschmolzen. Das so erhaltene Zinn ist fast chemisch rein und kommt unter dem Namen B a n k a -, M a l a k k a -, e n g l i s c h e s  Z i n n in den Handel. Der gewöhnliche Zinnstein aber, so wie er sich im Gebirgsstein, auf Lagern, S t o c k w e r k e n, Gängen, im Granit, Syenit u. a. m., oder auf secundärer Lagerstätte, den sogenannten S e i f e n w e r k e n oder Z i n n s e i f e n (Ablagerungen von verschiedenartigen Geröllen, besonders von Kieseln, mit Zinnsteingeröllen) findet, enthält ausser dem Zinnoxyd, Schwefel, Arsenik, Zink, Eisen, Kupfer und andere Metalle. Dieses Erz wird zuerst durch Pochen und Schlämmen von der anhängenden Bergart und durch Rösten vom Schwefel, Arsenik und Antimon befreit. In Sachsen findet sich der Zinnstein in einem jüngeren Granit, der, vom älteren Gebirge umgeben, ein Stockwerk bildet. Er ist von Wolfram, Molybdänglanz, Schwefel, und Arsenikkies begleitet und führt den Namen Z i n n z w i t t e r. Nach dem zu Altenberg gebräuchlichen Verfahren wird das geröstete Zinnerz im Schachtofen (Fig. 65), dessen Wände aus Granit construirt und der auf einem Mauerwerke von Gneuss ruht, verschmolzen. Ein solcher Schachtofen besteht aus dem Schacht *A* und dem Vorherd *d*; der Bodenstein *c* besteht

Fig. 65.



aus einem Stück und ist muldenförmig nach *d* zu ausgehauen. Der Vorherd *d* steht durch eine Stichöffnung mit einem eisernen Kessel in Verbindung; bei *b* mündet die Düse des Gebläses. Das Erz wird mit Kohlen geschichtet; das reducirte Zinn sammelt sich auf dem Vorherd *d*, von welchem es in den Kessel *e* fliesst. Es enthält aber Eisen und Arsenik. Von diesen Beimengungen wird es befreit, indem man es auf einem Herde, der mit glühenden Kohlen bedeckt ist, aussaigert; das reine Zinn schmilzt zuerst, fliesst durch die Kohlen und sammelt sich auf dem Stichherde an. Dieses Zinn ist sehr rein und enthält kaum $^1/_{10}$ pCt. von fremden Metallen; es ist das Körnerzinn (Grain-tin). Die zurückbleibende schwerer schmelzbare Legirung wird nochmals umgeschmolzen und als Blockzinn in den Handel gebracht. Das in Böhmen und Sachsen ausgebrachte Metall führt, je nachdem es in Stangen geformt, oder in dünne Blätter gegossen worden ist, die Namen Stangenzinn oder Rollzinn.

Eigenschaften des Zinnes.

Das Zinn ist silberweiss, von 7,28 spec. Gewicht, so weich, dass es mit dem Messer geschnitten werden kann, und zeigt beim Biegen ein eigenthümliches Geräusch, das Schreien oder Knirschen des Zinnes. Nach mehrmaligem Hin- und Herbiegen bricht das Zinn und zeigt einen hackigen Bruch. An der Luft, im Wasser und in verdünnten Säuren bleibt es unverändert, besitzt grosse Dehnbarkeit, so dass es gehämmert und gewalzt werden kann, ist aber zu weich, um zu Draht ausgezogen werden zu können. Es schmilzt bei 235$^0$ und eignet sich sehr gut zu Gusswaaren.

Anwendung des Zinnes.

Man wendet das Zinn an zu Legirungen und früher häufiger als jetzt zu Geschirren zum Haus- und Tischgebrauch, zu Destillirhelmen, Kühlapparaten und Röhren, zu Kesseln für Färber und Apotheker etc. Theils durch Walzen, theils durch Schlagen unter dem Stanniolhammer stellt man aus dem Zinn die Zinnfolie (Stanniol) dar, von welcher die stärkere Sorte (Spiegelfolie) zum Belegen der Spiegelplatten, die dünnere (Folie) zum Ausfüttern von Büchsen, Kästen, zum Einwickeln von Chocolade, Seife, Käse u. s. w. benutzt wird. Das Schlagsilber oder unächte Blattsilber (Silberschaum) ist Zinn mit etwas Zink versetzt und in dünne Blättchen ausgeschlagen. Zinn mit kleinen Mengen Kupfer, Antimon und Wismuth legirt, bildet das häufig zu Löffeln u. s. w. verarbeitete Compositionsmetall. Eine ähnliche Legirung ist das Britanniametall, die neuerdings zu Löffeln, Leuchtern, Zuckerdosen, Kaffee- und Theetöpfen häufige Anwendung findet, indem es mehr als Zinn dem Ansehn des Silbers sich nähert, bei grösserer Härte auch grösseren Glanz annimmt und leichtere Formen erlaubt. Es lässt sich auch zu Blech verarbeiten. Es besteht aus 10 Th. Zinn und 1 Th. Antimon. Da das im Handel vorkommende Zinn gewöhnlich mit anderen Metallen verunreinigt ist, die sämmtlich ein höheres spec. Gewicht als das Zinn haben, so hat man in der Bestimmung des spec. Gewichts

des Zinnes ein Mittel, seine Reinheit zu prüfen. Je geringer das spec. Gewicht ist, desto reiner ist das Zinn. Eine Legirung von Zinn und Blei zeigt in den gebräuchlichsten Legirungsverhältnissen nach Kupffer folgende spec. Gewichte:

| Verhältnisse. | Spec. Gew. | Verhältnisse. | Spec. Gew. |
|---|---|---|---|
| 1 Th. Sn + 1 Th. Pb | 8,864 | 1 Th. Sn + 4 Th. Pb | 10,183 |
| 2 „ + 3 „ | 9,265 | 3 „ + 2 „ | 8,497 |
| 1 „ + 2 „ | 9,553 | 2 „ + 1 „ | 8,226 |
| 2 „ + 5 „ | 9,770 | 5 „ + 2 „ | 8,109 |
| 1 „ + 3 „ | 9,9387 | 3 „ + 1 „ | 7,994 |
| 2 „ + 7 „ | 10,0734 | | |

Durch Glühen des Zinnes an der Luft erhält man die Zinnasche, die zum Poliren von Glas und Metall und zum Weissfärben des Emails dient.

Verzinnen. Oft überzieht man Gefässe aus anderen Metallen mit Zinn, was Verzinnung genannt wird. Bedingungen des Verzinnens sind, dass die Oberfläche des zu verzinnenden Metalles rein, d. h. oxydfrei sei, und dass beim Auftragen des geschmolzenen Zinnes die Oxydation desselben verhindert werde. Die zu verzinnenden Gegenstände werden deshalb vorher durch Scheuern, Abschaben oder durch saure Beizen gereinigt. Die Oxydation des aufgetragenen Zinnes wird durch Colophonium und Salmiak verhindert, welche beide Substanzen das entstandene Oxyd augenblicklich wieder reduciren. Verzinnen von Kupfer. Die Verzinnung des Kupfers, Messings und Schmiedeeisens geht leicht vor sich, indem man das zu verzinnende Gefäss fast bis zum Schmelzpunkte des Zinnes erhitzt, geschmolzenes Zinn darauf schüttet und das Metall vermittelst eines Büschels Werg (Hede), der mit etwas Salmiak bestreut worden ist, auf der Oberfläche des Kupfers durch Reiben vertheilt. Gegenstände von von Messing. Messing, wie Stecknadeln, werden behufs des Verzinnens in einen verzinnten Kessel mit Zinnkörnern (Weisssud oder Zinnsud), und mit einer Lösung von saurem, weinsaurem Kali (Cremor tartari) einige Stunden lang gekocht. Die verzinnten Gegenstände werden mit Kleie oder von Eisenblech. mit Sägespänen abgerieben. Um Eisenbleche zu verzinnen, werden die Bleche erst mit sauer gewordenem Kleienwasser und mit Schwefelsäure gebeizt, darauf in schmelzenden Talg und dann in geschmolzenes Zinn eingetaucht. Durch den Talg wird die Oxydation des Zinnes verhindert. Nachdem die Bleche hinreichend mit Zinn überzogen sind, werden sie aus dem Zinnbade entfernt, durch Schlagen mit einer Ruthe oder durch eine Hanfbürste von überflüssigem Zinn befreit und mit Kleie gereinigt. Die auf diese Weise verzinnten Bleche haben den Fehler grosser Weichheit und Leichtflüssigkeit, was nach Budy und Lammatsch dadurch vermieden werden kann, dass man das Zinn mit $^1/_{16}$ Nickel legirt. Der höhere Preis der Legirung soll dadurch compensirt werden, dass man nur halb so viel bedürfe.

**Moiré metallique.** Wenn man verzinntes Blech mit Säuren behandelt, so geschieht es häufig, dass sich auf der Oberfläche des Zinnes perlmutterartig glänzende Zeichnungen zeigen, die davon herrühren, dass das Zinn bei schnellem Erkalten krystallisirt. Durch Behandeln des Bleches mit Säuren, am besten mit einem Gemenge von 2 Th. Salzsäure, 1 Th. Salpetersäure und 3 Th. Wasser werden die krystallinischen Stellen blosgelegt, die, durch die ungleiche Reflexion des Lichtes mattere und lichtere Stellen zeigen. Man nennt solches Blech gemort oder geflammt (Moiré metallique).

**Musivgold.** Das Musivgold oder Doppelt-Schwefelzinn wird im Grossen dargestellt, indem man ein Amalgam, aus 4 Th. Zinn mit 2 Th. Quecksilber bestehend, mit $2^1/_3$ Th. Schwefel und 2 Th. Salmiak innig mischt, das Gemenge in einen Kolben giebt, welchen man in einem Sandbade, ungefähr zwei Stunden lang, anfangs nicht völlig bis zum Glühen, dann nach und nach stärker erhitzt. Zuerst entweicht der Salmiak, darauf sublimirt das Quecksilber als Zinnober mit kleinen Mengen von Zinnchlorid verunreinigt, und zurück bleibt das Musivgold, von welchem jedoch in den meisten Fällen nur die obere Schicht aus einem brauchbaren Präparat besteht, während die untere Schicht als missfarbig abgesondert wird.

Der Vorgang bei der Bildung des Musivgoldes nach der gegebenen Vorschrift scheint folgender zu sein: Das Zinn zersetzt den Salmiak und bildet Zinnchlorür, welches sich mit unzersetztem Salmiak zu $Sn\,Cl + 2\,NH_4\,Cl$ verbindet, Wasserstoff und Ammoniak. Der Wasserstoff verbindet sich im Augenblicke des Freiwerdens mit dem Schwefel zu Schwefelwasserstoff, welcher mit dem Ammoniak zu Ammoniumsulfhydrat ($NH_4\,S, SH$) zusammentritt. Letztere Verbindung setzt sich mit dem Zinnchlorür zu Salmiak und Einfach-Schwefelzinn um:

| | | |
|---|---|---|
| Ammoniumsulfhydrat $NH_4\,S, SH$ <br> Zinnchlorür $2\,Sn\,Cl$ | geben | Einfach-Schwefelzinn $2\,Sn\,S$ <br> Salmiak und Salzsäure $NH_4\,Cl$ und $HCl$. |

Das Einfach-Schwefelzinn geht sofort durch Aufnahme von Schwefel in Musivgold über. Es ist auch möglich, dass das Ammoniumsulfhydrat sich mit dem Schwefel zu einem Ammoniumpolysulfuret vereinigt, welches unmittelbar aus dem Zinnchlorür Musivgold bilden kann. Das Quecksilber verflüchtigt sich als Zinnober und scheint hierbei keinen andern Zweck zu haben, als zu bewirken, dass das Musivgold für Augenblicke Gasform annehmen kann. Der Salmiak und das Quecksilber wirken aber auch physikalisch günstig bei der Bildung von Musivgold ein, indem sich beide vor der Rothglühhitze verflüchtigen und daher jede Wärmemenge binden, welche eine höhere Temperatur erzeugen und eine Zersetzung des Musivgoldes nach sich ziehen würde. Es ist übrigens Thatsache, dass Musivgold untadelhaft auch ohne Quecksilber dargestellt werden kann.

Das Musivgold erscheint, wenn die Operation gut gelungen, in zarten goldgelben oder bräunlichgelben metallglänzenden Schuppen, welche sich zwischen den Fingern wie Talk anfühlen lassen. Es löst sich in Schwefelkalimetallen zu Sulfosalzen, aus denen durch Zusatz von Säuren nichtkrystallinisches gelbes Zweifach-Schwefelzinn ausgeschieden wird. Mög-

lich, dass es gelingen wird, durch sehr langsame Abscheidung des Zweifach-Schwefelzinns aus einer Lösung von Zinnsulfid-Schwefelnatrium das Musivgold auf nassem Wege zu erhalten. Es lässt sich auf die Oberfläche der Körper in den dünnsten Schichten zertheilen und wird zur unächten Vergoldung auf Holz, Gyps, Pappe, Papiermaché, Messing, Kupfer etc. verwendet, indem man es mit Eiweiss aufträgt; man überzieht es nachher, wie bei Lampen, mit einem Lack. Gegenwärtig ist es zum grossen Theile durch die weit schönern Bronzepulver (Bronzefarben) verdrängt worden. Ehedem gebrauchte man es auch zum Bestreichen des Reibkissens der Elektrisirmaschinen.

Zinnsalz. Das Zinnsalz, salzsaure Zinnoxydul oder Chlorzinn ($SnCl$) wird im krystallisirten Zustande ($SnCl + HO$) durch Auflösen von Zinnspänen in Salzsäure und Abdampfen der Lösung dargestellt. Nach Nöllner soll man die Salzsäure, so wie sie sich aus den Retorten entwickelt, sogleich auf granulirtes Zinn, das in Vorlagen von Steingut eingefüllt ist, einwirken lassen, und die aus den Vorlagen abfliessende concentrirte Zinnsalzlösung in zinnernen Pfannen unter Zusatz von granulirtem Zinn eindampfen. — Das Zinnsalz erscheint in farblosen, durchsichtigen Krystallen, die sich sehr leicht in Wasser lösen. Die Lösung scheidet sehr bald ein basisches Salz ab. Diese Abscheidung wird durch Zuzatz von Weinsäure vermieden. Man benutzt das Zinnsalz als Reductionsmittel von Indigo, Eisenoxyd und Manganoxyd und als Beizmittel, hauptsächlich zur Darstellung der rothen Farben mit Cochenille *) in der Färberei.

Zinnsaures Natron. Das zinnsaure Natron (Sodastannat, Zinnoxyd-Natron), eine gegenwärtig in der Färberei und Zeugdruckerei häufig angewendete Verbindung, lässt sich auf verschiedene Weise darstellen. Früher erhielt man dieselbe dadurch, dass man metallisches Zinn mit Chilisalpeter verquickte, die erhaltene Masse auflöste und zur Krystallisation abdampfte. Nach der von Young vorgeschlagenen Methode ist die Reduction des Zinnes aus seinen Erzen überflüssig; nach ihm schmilzt man den Zinnstein mit Aetznatron zusammen und lässt die klare Lösung der geschmolzenen Masse krystallisiren. Eisen, Kupfer u. dergl., die sich in kleiner Menge stets in dem Zinnstein finden, werden durch das überschüssige Natron als unlösliche Oxyde abgeschieden. Brown fand, dass sich beim Kochen von metallischem Zinn mit Bleioxyd und Natronlauge unter Abscheidung von metallischem Blei zinnsaures Natron bilde. Darauf gründet Häffely seine Methode der Darstellung von zinnsaurem Natron: Man digerirt in einem Metallgefässe Bleiglätte oder Mennige mit Natronlauge von unge-

*) Das sogenannte salpetersaure Zinn der Färber wird durch Auflösen von gekörntem Zinn in Königswasser erhalten; diese Auflösung führt in der Färberei auch den Namen Physik, Composition; sie enthält Zinnchlorid ($Sn\,Cl_2$) und Zinnchlorür. Eine Verbindung des Zinnchlorids mit Salmiak ($Sn\,Cl_2 + NH_4\,Cl$) wird unter dem Namen Pinksalz in der Kattundruckerei als Beize benutzt.

fähr 22 pCt. Natrongehalt und verdünnt die entstandene Lösung, wenn man das zu erzeugende zinnsaure Natron in Lösung aufbewahren will, und zwar über dem Niederschlage. In die Lösung des Bleioxyd-Natrons, welche zur Beschleunigung der Operation erhitzt wird, bringt man granulirtes Zinn, worauf Blei in Form von Bleischwamm sich ausscheidet und zinnsaures Natron sich bildet.

In den letzten Jahren ist in England in der Färberei ein Doppelsalz von Natron mit Arsensäure und Zinnsäure (Zinnoxyd) in Gebrauch gekommen. Die Anwendung dieses giftigen Doppelsalzes als Ersatz für reines zinnsaures Natron, welche nur durch die damit verbundene Ersparniss veranlasst wurde, ist aber keineswegs zu rechtfertigen.

Die Zusammensetzung ist entsprechend der Formel

$$6\,SnO_2,\ NaO,\ 2\,AsO_5 + 5\,HO.$$

Das zinnsaure Natron — Präparir- oder Grundirsalz — wird der Wohlfeilheit wegen auch zuweilen durch Auflösen von Zinnsalz in überschüssiger Natronlauge dargestellt. In diesem Falle bildet sich allerdings Zinnoxydul-Natron (zinnigsaures Natron, Sodastannit), welches sich aber durch die Kohlensäure der Luft in kohlensaures Kali und Zinnoxydul zersetzt; letzteres geht an der Luft sofort in Zinnoxyd über. Auch beim ruhigen Stehen der Lösung von Zinnoxydul-Natron zersetzt sich das Zinnoxydul in Zinn und Zinnoxyd; ersteres geht in der Luft nach und nach in Zinnoxyd über.

## Das Wismuth.

Wismuth. Vorkommen und Gewinnung desselben.

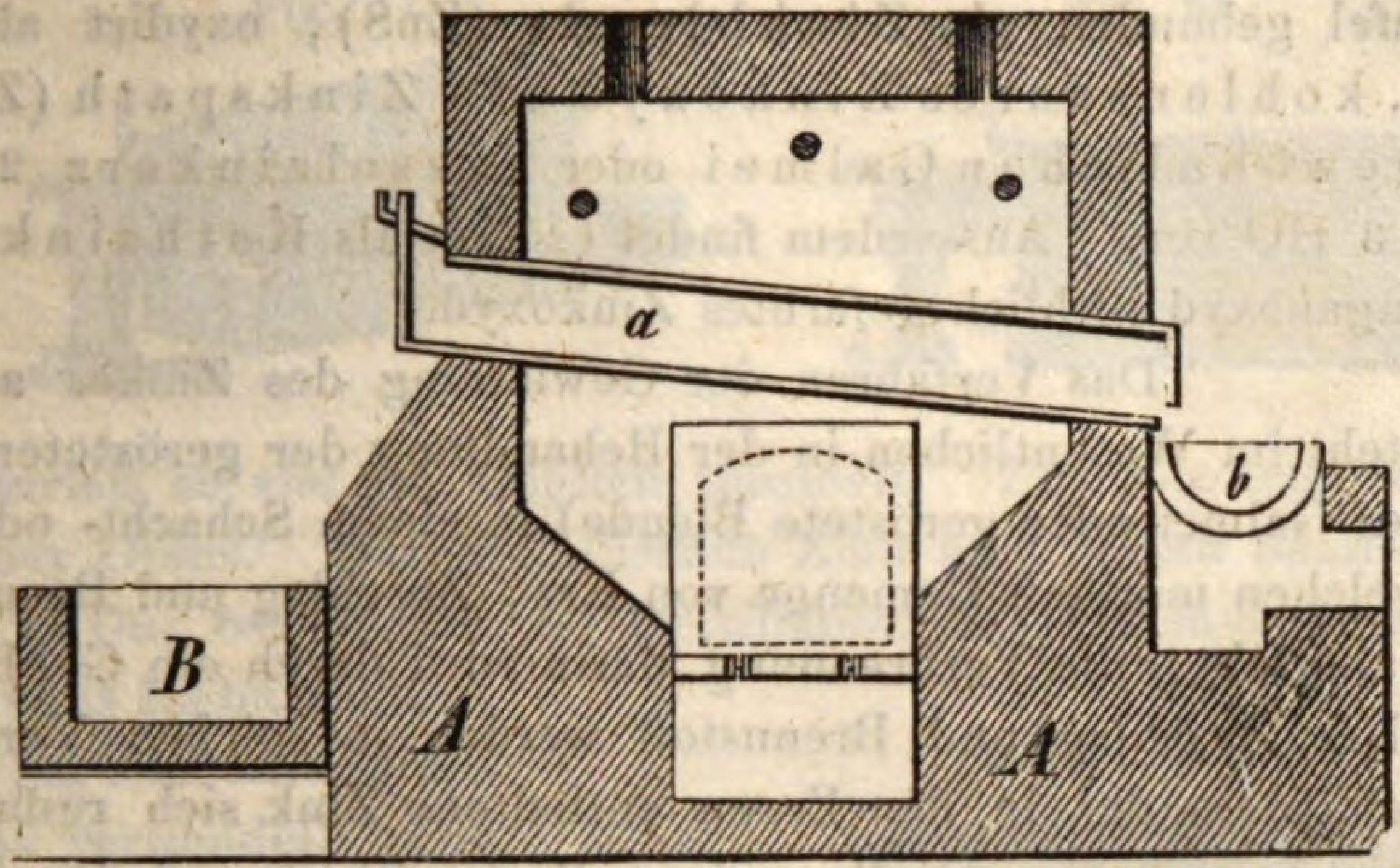
Das Wismuth ist eins der seltener vorkommenden Metalle; es findet sich meist gediegen auf Kobalt- und Silbergängen im Granit, Gneus, Glimmerschiefer, und im Uebergangs- und Kupferschiefergebirge. Ausserdem kommt es oxydirt vor als Wismuthocker ($BiO_3$, mit 89,9 pCt. Wismuth), mit Schwefel verbunden als Wismuthglanz ($BiS_3$ mit 80,98 pCt. Wismuth) und als Wismuthkupfererz (mit 47,24 pCt. Wismuth). Da das Wismuth meist gediegen vorkommt, so ist die Gewinnung desselben ziemlich einfach, da man es durch Aussaigern (Ausschmelzen) von der Gangart trennen kann. Bei Schneeberg im sächsischen Erzgebirge besteht ein Wismuthsaigerofen, auf welchem man das Wismuth auf folgende Weise ausbringt.

Wismuthsaigerofen.

Die durchschnittlich 4—9 pCt. Wismuth enthaltenden Erze werden so viel als möglich von der Gangart getrennt und in haselnussgrossen Stücken in gusseiserne Röhren *a* (Fig. 66 S. 297) eingetragen, welche durch den Ofen *A* geheizt werden, das ausgeschmolzene Wismuth fliesst in eiserne Näpfe *b*, die durch darunter befindliche glühende Kohlen erhitzt werden. In diesen Näpfen befindet sich Kohlenpulver, welches das flüssige Wismuth vor der Oxydation schützt. Die in den Röhren zurückbleibenden Erze werden in den mit Wasser angefüllten Kasten *B* ge-

krückt. — Bei der Verarbeitung der Kobaltspeise (siehe Seite 250) gewinnt man das Wismuth als werthvolles Nebenproduct.

Fig. 66.




Eigenschaften des Wismuths.

Das Wismuth ist ein röthlich weisses Metall, von starkem Glanz, Härte und solcher Sprödigkeit, dass es gepulvert werden kann. Es schmilzt bei 246° und erstarrt bei 242° mit bedeutender Volumenvergrösserung. Sein spec. Gewicht = 9,9.

Anwendung des Wismuths.

Man benutzt das Wismuth zu Legirungen, als Oxyd mit Borsäure und Kieselsäure geschmolzen zu optischen Gläsern und als basisch salpetersaures Wismuthoxyd zu weisser Schminke (Blanc de fard). Unter den Legirungen des Wismuths sind die mit Blei und Zinn die wichtigeren. Newton's leichtflüssige Legirung besteht aus 8 Th. Wismuth, 3 Th. Zinn und 5 Th. Blei und schmilzt bei 94°,5 C. Rose's Metall besteht aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn und schmilzt bei 93°,75 C. Ein geringer Zusatz von Quecksilber macht diese Legirungen noch leichtflüssiger. Eine Legirung von 3 Th. Blei, 2 Th. Zinn und 5 Th. Wismuth, deren Schmelzpunkt bei 91°,66 C. liegt, eignet sich zum Abklatschen (Clichiren) von Holzschnitten, Druckformen, Stereotypen u. s. w. Ehe man z. B. einen Holzschnitt in die Masse abdrückt, muss dieselbe schon so weit erkaltet sein, dass sie teigig zu werden anfängt. Eine ähnliche Legirung von bestimmtem Schmelzpunkte hat man angewendet, um dem Explodiren der Dampfkessel vorzubeugen; zu diesem Zweck verschliesst man ein kurzes Rohr, das in dem Dampfkessel eingeschraubt ist, mit einer Platte von dieser Legirung; wenn die Temperatur der Dämpfe bis zum Schmelzpunkte der Legirung steigt, so schmilzt die Platte und die Dämpfe entweichen.

## Das Zink.

Zink. Vorkommen desselben.

Das Zink kommt in der Natur nie gediegen, sondern an Schwefel gebunden als Zinkblende (ZnS), oxydirt als edler Galmei, kohlensaures Zinkoxyd oder Zinkspath ($ZnO, CO_2$) und als gewöhnlicher Galmei oder Kieselzinkerz 2 ($3 ZnO, SiO_3$) + 3 HO vor. Ausserdem findet es sich als Rothzinkerz, ein durch Manganoxyd röthlich gefärbtes Zinkoxyd.

Gewinnung des Zinkes.

Das Verfahren der Gewinnung des Zinkes aus seinen Erzen besteht im Wesentlichen in der Behandlung der gerösteten Zinkerze (gebrannter Galmei oder geröstete Blende) in einem Schacht- oder Gefässofen, in welchen man ein Gemenge von Erz, Zuschlag und Brennmaterial von oben aufgiebt; die Verbrennung darin wird durch ein Gebläse unterhalten. Erz, Zuschlag und Brennstoff werden in solchen Verhältnissen angewendet, dass das in den Erzen enthaltene Zink sich reduciren und verflüchtigen kann, während alle anderen Bestandtheile mit dem Zuschlage Schlacken bilden. Das Brennmaterial wird in solcher Menge aufgegeben, dass es nicht nur zur vollständigen Reduction genügt, sondern in grossem Ueberschusse vorhanden ist, damit von den Formen nicht etwa ein oxydirendes Gas wie Kohlensäure entstehen könne. Der Zuschlag muss so beschaffen sein, dass bei der Bildung der Schlacke in keinem Falle eine oxydirende Substanz sich bilden kann. Erfordert z. B. die Beschaffenheit des Erzes die Benutzung von Kalk als Zuschlag, so wendet man denselben gebrannt und nicht als kohlensauren an. Man leitet vorzugsweise getrocknete Luft in den Ofen. Die Producte der Behandlung sind 1) Zinkdämpfe, die sich in abgekühlten Canälen verdichten, 2) die durch die Verbrennung erzeugten Gase, welche zum Heizen des Dampfkessels der Gebläsemaschine, zum Brennen des als Fluss verwendeten Kalkes, zum Umschmelzen des destillirten Rohzinkes und zum Trocknen und Rösten der Erze verwendet werden, 3) die nicht flüchtigen Stoffe (Schlacken, Stein, reducirte Metalle.

Destillation des Zinkes in Muffeln.

Die Destillation des Zinkes aus seinen Erzen (Galmei) aus muffelähnlichen Destillationsgefässen, ist in Oberschlesien (Königshütte, Lidognyahütte etc.), Stolberg bei Aachen, in Westphalen, Belgien etc. üblich. Die Muffeln werden über Chablonen aus feuerfestem Thon und zerstossenen gebrannten Muffelscherben gefertigt. Die vordere Seite der Muffel hat zwei Oeffnungen; die untere ist mit einer Platte *a* (Fig. 67 und 68 Seite 299) verschlossen, welche entfernt wird, wenn die Destillationsrückstände herausgenommen werden sollen. Oben ist ein knieförmig gebogenes Rohr eingesetzt, welches bei *c* mit einer während der Destillation verschlossenen Oeffnung versehen ist, durch welche die Beschickung eingetragen wird. Durch die Oeffnung *d* tröpfelt das flüssige Zink in den darunter befindlichen

Raum. Früher wendete man Oefen mit 6—10 Muffeln, gegenwärtig solche mit 20 an. Die Muffeln stehen in dem gewölbten Zinkofen, zu beiden Seiten einer langen Rostfeuerung auf Bänken, so dass sie die Flamme des

Fig. 67.

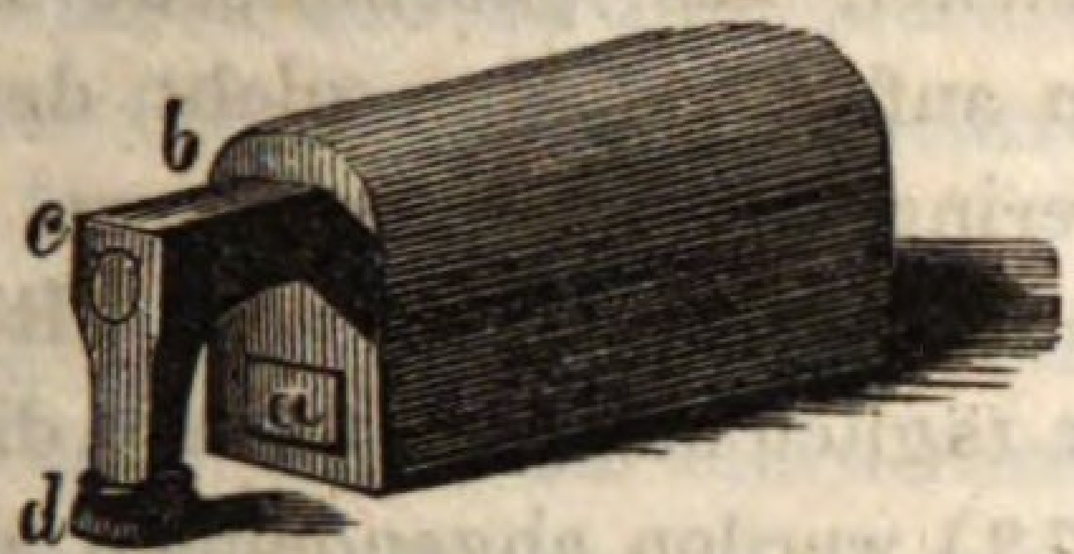
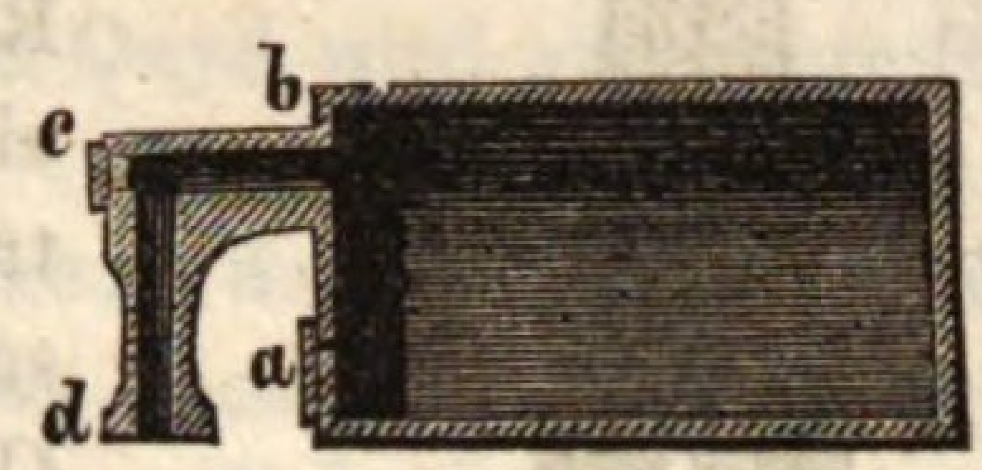
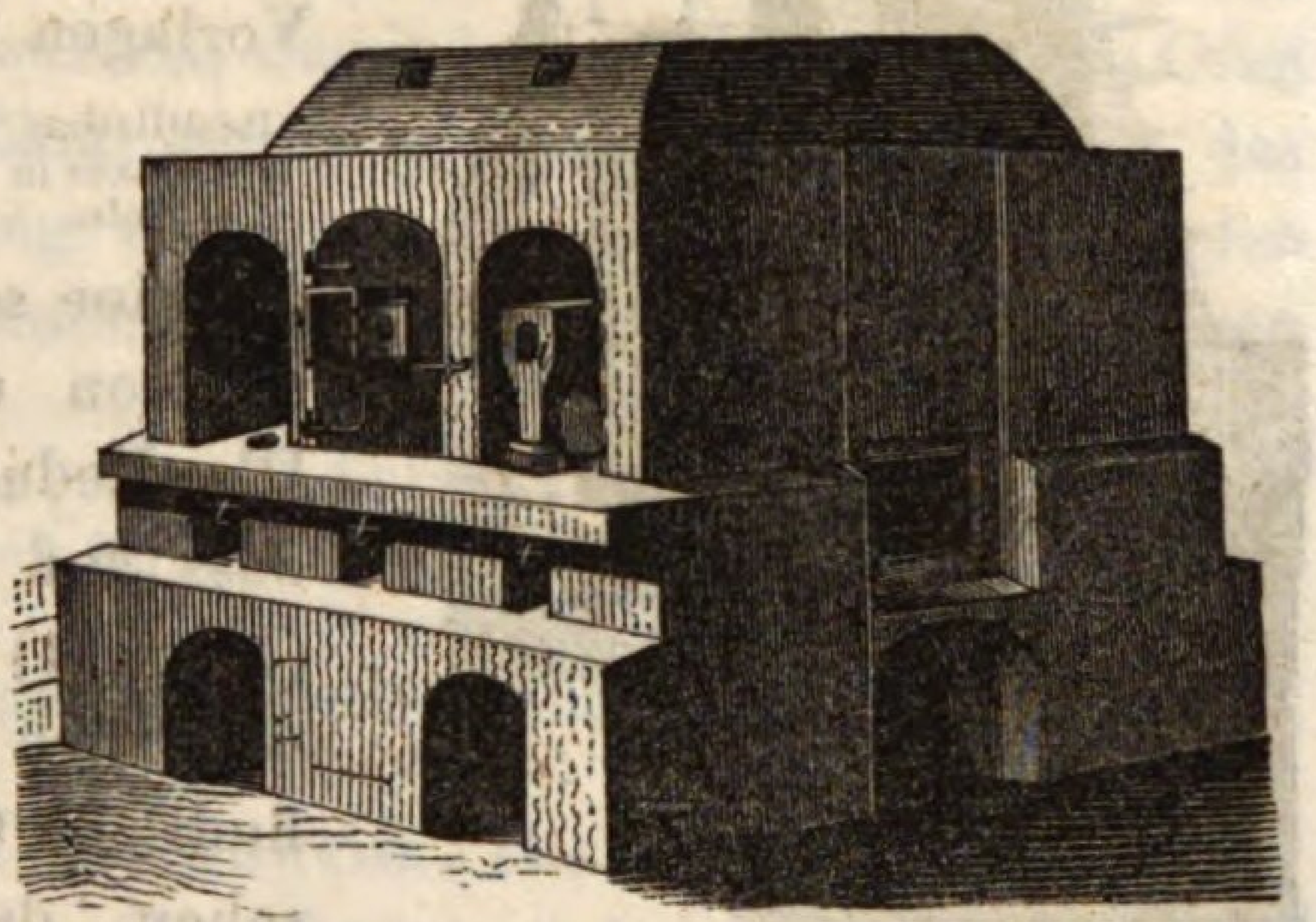



Fig. 68.




Brennmaterials so viel als möglich umspielt. Fig. 69 zeigt die äussere Ansicht des Ofens. Das destillirende Zink wird in den Räumen *t*, *t* aufgefangen. Das bei Beginn der Destillation sich bildende Zinkoxyd enthält fast alles Kadmiumoxyd und wird zur Darstellung des Kadmiums verwendet. Die durch die Destillation erhaltenen und mit Oxyd gemengten Zinktropfen werden durch Schmelzen gereinigt; man giesst das geschmolzene Metall in Form von Tafeln und liefert es in den Handel.

Fig 69.



Destillation des Zinkes in Röhren. Nach der b e l g i s c h e n M e t h o d e geschieht die Reduction des Galmei und die Destillation des Zinkes in Thonröhren, welche reihenweise horizontal neben und über einander liegen. Die R ö h r e n (Fig. 70) sind cylindrisch, gewöhnlich 3 Fuss lang und haben eine Weite von 6 Zoll im Lichten. Die Dicke der Röhren beträgt $1^1/_4$ Zoll. Sie sind an dem einen Ende geschlossen. Mit der vorderen Oeffnung berühren die Röhren die Vorwand des Ofens; sie dient zum Eintragen der Beschickung, zum Abziehen der Zinkdämpfe und zum Entfernen der Destillationsrückstände. An jeder dieser Röhren wird eine gusseiserne, 10 Zoll lange Ansetzröhre (Fig. 71) befestigt und an diese endlich noch eine 8 Zoll lange Röhre von Eisenblech (Fig. 72) geschoben, welche inwendig mit Lehm ver-

Fig. 70.



Fig. 71.



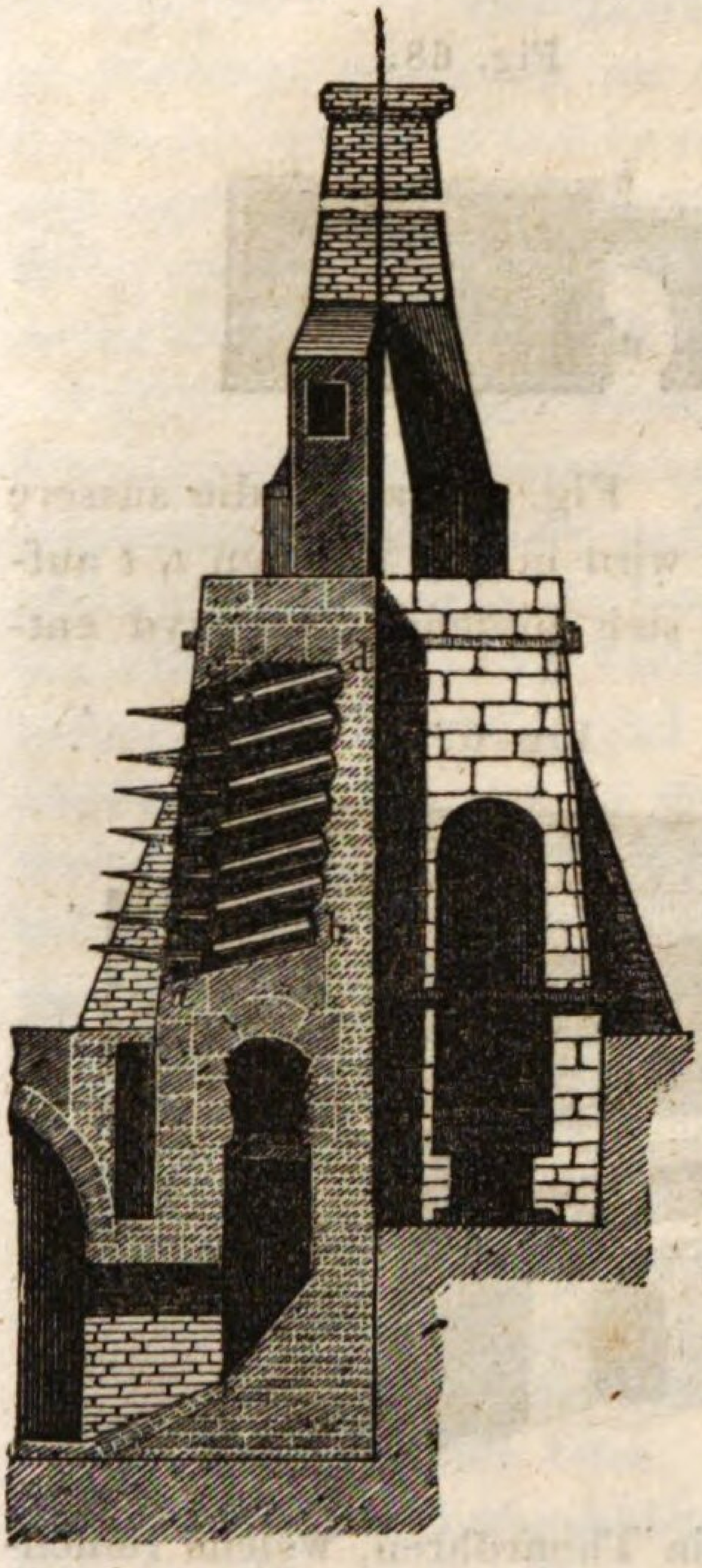
Fig. 72.



strichen ist, in der sich die Zinktropfen sammeln. Fig. 73 Seite 300 zeigt den senkrechten Durchschnitt eines belgischen Zinkdestillationsofen.

Das Rösten geschieht meist in Schachtöfen. Die Destillirröhren kommen in acht Reihen übereinander in den Ofen. Zu diesem Behufe befinden sich in der hinteren Mauer *b d* des Ofens acht vorspringende Bänke, auf welchen das geschlossene Ende der Röhren aufruht. Man giebt den Röhren eine geringe Neigung nach vorn. Das Eintragen der Beschickung in die Röhren geschieht täglich Morgens 6 Uhr; die Röhren (Fig. 72) werden abgenommen, der Rückstand aus der Retorte entfernt, die Beschickung durch die Ansetzröhren (Fig. 71) in die Destillirröhren gebracht und die Eisenblechröhren wieder aufgeschoben. Die Blechröhren werden auf gusseisernen Vorlagen befestigt. —

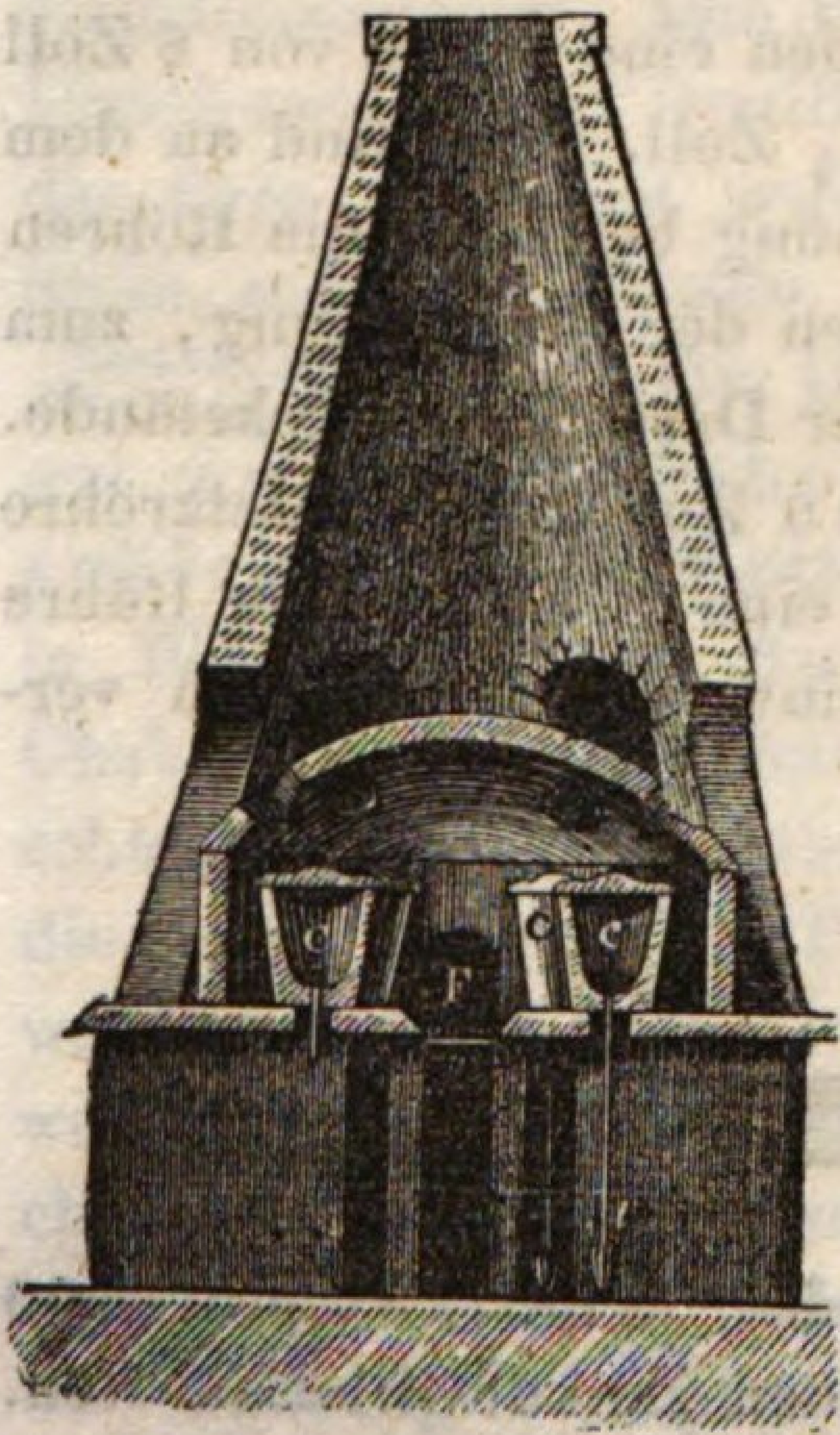
Fig. 73.



Destillation des Zinkes in Tiegeln.

Bei der englischen Zinkgewinnungsmethode findet eine sogenannte abwärts gehende Destillation und zwar in Tiegeln statt. Die Reductionsöfen sind so eingerichtet, dass auf dem Herde 6 bis 8 Tiegel *c c* (Fig. 74) aufgestellt werden können. Das über den Tiegeln und der Feuerung befindliche Gewölbe ist mit Oeffnungen versehen, durch welche man zu den Tiegeln gelangen kann. Die Tiegel sind aus feuerfestem Thone gefertigt. In der Mitte des Bodens der Tiegel befindet sich eine Oeffnung, aus welcher die Zinkdämpfe sich in die Verdichtungsröhre *t* begeben. Beim Füllen verstopft man diese Oeffnung mittelst eines Holzpfropfens, der in der Hitze bald verkohlt. Das Eintragen der Beschickung in die Tiegel geschieht durch eine im Deckel des Tiegels befindliche Oeffnung, die auch noch ungefähr zwei Stunden nach dem Eintragen offen bleibt, bis eine blaue Färbung der Flamme die beginnende Reduction anzeigt. Darauf wird die Oeffnung im Deckel durch eine Platte aus feuerfestem Thon geschlossen, die Verdichtungsröhre an die untere Tiegelöffnung gefügt und darunter das zur Aufnahme des Zinkes bestimmte Gefäss gestellt, welches öfters mit

Fig. 74.



Wasser gefüllt wird, um das Umherspritzen des niederfallenden Zinkes zu verhüten. Die untere Mündung der Fallröhre bleibt aber immer noch einige Zoll über dem Niveau des Wassers. Das destillirende Zink sammelt sich in Tropfen und als feines Pulver, mit Zinkoxyd gemengt, in den Gefässen und wird demnächst in eisernen Gefässen umgeschmolzen. Das auf der Oberfläche sich abscheidende Oxyd wird abgeschöpft und das Metall in Formen gegossen.

Zinkgewinnung aus Blende. Zum Zugutemachen der Zinkblende giebt es zwei Wege: nach dem einen röstet man, und führt sie in den Zustand des Oxydes über, worauf man wie bei dem Galmei verfährt; nach dem anderen und vortheilhafteren macht man die Zinkblende direct zu gute. Dies geschieht dadurch, dass man eine zur gänzlichen Entschwefelung der Blende und Freiwerden des Zinkes hinreichende Menge Eisenerz zusetzt. Als Zuschlag wird gebrannter Kalk angewendet. Enthalten die zuzusetzenden Eisenerze Wasser und Kohlensäure, so müssen letztere durch vorhergehende Röstung entfernt werden, damit keine Substanz in den Ofen gelangt, welche das reducirte Zink wieder oxydiren kann. Giebt das Eisenerz Veranlassung zur Bildung einer grossen Menge von oxydirenden Substanzen, so wird die Zinkblende direct mit Roh- oder Schmiedeeisen zu gute gemacht.

Swindells hat vorgeschlagen, die Zinkblende mit Kochsalz zu rösten, wobei Glaubersalz und Chlorzink sich bilden, aus der durch Auslaugen erhaltenen Flüssigkeit zuerst krystallisirtes Glaubersalz zu gewinnen, dann daraus das Zinkoxyd durch Kalk niederzuschlagen und ersteres auf gewöhnliche Weise zu reduciren.

Eigenschaften des Zinks. Das Zink ist bläulichweiss, stark metallglänzend, hat im gewöhnlichen Zustande das spec. Gewicht von 6,8, nach dem Hämmern 7,2. Es ist nur wenig biegsam und bricht sehr leicht; der Bruch zeigt strahlig blätteriges Gefüge. Das Zink ist aber trotzdem so zähe und weich, dass es zu dünnen Blechen ausgewalzt werden kann. Zwischen 100 und 150° ist seine Dehnbarkeit am grössten. Bei 200° C. wird es so spröde, dass es sich in Pulver verwandeln lässt, bei 411° schmilzt es und verflüchtigt sich in der Weissglühhitze. Bei Luftzutritt erhitzt, entzündet es sich bei ungefähr 500° und verbrennt mit blauweisser Flamme zu Zinkoxyd. An der Luft überzieht es sich mit der Zeit mit einer Haut von Oxyd, welche die darunter liegenden Theile vor fernerer Oxydation schützt. Seiner leichten Oxydirbarkeit durch Wasser und Säuren wegen eignet es sich nicht zu Kochgeschirren.

Anwendung des Zinks. Das Zink findet Anwendung als Blech zum Dachdecken, zu Gefässen, zu Rinnen und Röhren, zur Druckerei, zu Platten und Cylindern für galvanische Apparate, den Zinklegirungen (Messing), als Bestandtheil der galvanischen Batterie, zum Trennen des Silbers vom Blei, zur Darstellung von Wasserstoff unter Mitwirkung von Wasser und Schwefelsäure oder Salzsäure ($Zn, HO, SO_3 = ZnO, SO_3 + H$), zum Protegiren des Eisens, zum Ueberziehen der Telegraphendrähte, zur Bereitung von

Zinkvitriol, Zinkweiss u. s. w. Eine Hauptanwendung des Zinks ist die zu Gusswaaren (Zinkguss) anstatt der Bronze.

Zinkweiss. Das Zinkweiss, Zinkoxyd, ZnO, das jetzt häufig als Ersatzmittel für Bleiweiss angewendet wird, stellt man aus schlesischem oder belgischem Zink durch Erhitzen an der Luft dar. Zu diesem Zwecke bringt man das Zink in Retorten aus Glashäfenmasse, welche denen der Leuchtgasfabriken sehr ähnlich und mit einer Oeffnung versehen sind, durch welche sie beschickt werden, und wodurch die Zinkdämpfe entweichen. Die Retorten liegen zu 8—10 in zwei rückwärts zusammenstossenden Reihen in einem Flammenofen. Sobald die Retorten bis zum Weissglühen erhitzt worden sind, werden 1—2 Zinktafeln in jede Retorte gebracht. Das Metall verwandelt sich in Dämpfe, welche durch die Oeffnung der Retorte entweichen, und sogleich nach ihrem Austritt aus der Retorte einen bis auf 300° erhitzten Luftstrom treffen, durch welchen das Zink verbrannt und in Zinkoxyd verwandelt wird. Das entstandene lockere Zinkoxyd wird durch den Luftstrom fortgerissen und in Kammern geführt, in welchen es sich allmälig absetzt. Das so erhaltene Zinkoxyd ist von weisser Farbe und kann sofort, ohne Mahlen oder Schlämmen mit dem Firniss verrieben werden. Das Zinkweiss kommt etwas theurer zu stehen als das Bleiweiss, deckt aber besser und zwar decken 10 Gewichtstheile Zinkweiss denselben Flächenraum wie 13 Gewichtstheile Bleiweiss. Der Zinkweissanstrich hat ferner vor dem Bleiweissanstrich den Vortheil, dass er auch bei schwefelwasserstoffhaltigen Ausdünstungen seine weisse Farbe behält. Durch Zusatz verschiedener Metallfarben kann man dem Zinkweiss jede beliebige Färbung ertheilen, so grün durch Rinmann's Grün, blau durch Ultramarin, citronengelb durch Schwefelkadmium und chromsaures Zinkoxyd, orangegelb durch Schwefelantimon, schwarz durch Kienruss.

Zinkvitriol. Der Zinkvitriol, das schwefelsaure Zinkoxyd, auch weisser Vitriol oder Galitzenstein ($ZnO, SO_3 + 7 HO$), kommt theils in der Natur als neueres Gebilde durch Verwitterung der Zinkblende entstanden vor, theils wird er künstlich aus der Blende dargestellt, theils auch als Nebenproduct bei der Entwickelung von Wasserstoff erhalten. Er kommt in weissen Stücken vor, die zusammenziehend metallisch schmecken und als Zusatz zu den Oelen bei der Firnissbereitung, zum Desinficiren der Kloaken und in den Kattundruckereien benutzt werden.

Chromsaures Zinkoxyd. Das chromsaure Zinkoxyd, durch Fällen von Zinkvitriol mit chromsaurem Kali erhalten, ist ein schön gelber Niederschlag, der in dem Kattundruck Anwendung findet, da er sich in Ammoniak löst und nach der Verflüchtigung des Ammoniaks als unlösliches Pulver wieder abscheidet.

Chlorzink. Das Chlorzink ZnCl erhält man durch Auflösen von metallischem Zink in Salzsäure, oder am vortheilhaftesten als Nebenproduct in den Soda- und Schwefelsäurefabriken, wenn man die überflüssige

und häufig kaum zu verwerthende Salzsäure noch warm auf gemahlene Zinkblende einwirken lässt und den entweichenden Schwefelwasserstoff sogleich durch Verbrennen zu schwefliger Säure und Wasser wieder zur Schwefelsäurefabrikation benutzt. Die erhaltene Lösung wird bis zur Syrupsconsistenz abgedampft.

Ihrer Eigenschaft wegen, gewisse organische Substanzen in Folge von Wasserentziehung mehr oder minder zu verändern, lässt sich eine concentrirte Chlorzinklösung in vielen Fällen anstatt der englischen Schwefelsäure verwenden. So ist z. B. das Chlorzink im Stande, die Schwefelsäure beim Läutern des Brennöls zu ersetzen, da das Chlorzink nur die Unreinigkeiten, nicht aber das Oel selbst angreift. Da die Farbstoffe des Krapps durch Chlorzink nicht verändert werden, dagegen die Holzfaser dadurch zerstört wird, so ist es sehr wahrscheinlich, dass man Krapp ebensowohl durch Chlorzinklösung als durch Schwefelsäure in Garancin wird überführen können. Dass dort, wo die Schwefelsäure durch Bildung gepaarter Substanzen wirkt, wie z. B. beim Auflösen des Indigs, oder wo sie zur Zersetzung von Salzen dient, wie z. B. bei der Ausscheidung der Stearinsäure aus dem Kalksalze, das Chlorzink nicht als Ersatzmittel angewendet werden kann, bedarf kaum der Erwähnung. Mit dem grössten Vortheil hat man das Chlorzink zum Conserviren von Holz, namentlich der Eisenbahnschwellen benutzt.

Das sogenannte Löthsalz ist eine Verbindung von Chlorzink mit Salmiak ($Cl\,Zn + N\,H_4\,Cl$); in Lösung als Löthwasser erhält man es durch Auflösen von 3 Loth Zink in starker Salzsäure und Zusetzen von 3 Loth Salmiak.

Zinkoxychlorür (basisch salzsaures Zinkoxyd), dadurch erhalten, dass man in flüssiges Chlorzink (oder Eisen- oder Manganchlorür) Zinkweiss (Zinkoxyd) einrührt, ist in neuerer Zeit von Sorel als plastische Masse vorgeschlagen worden.

## Das Kadmium.

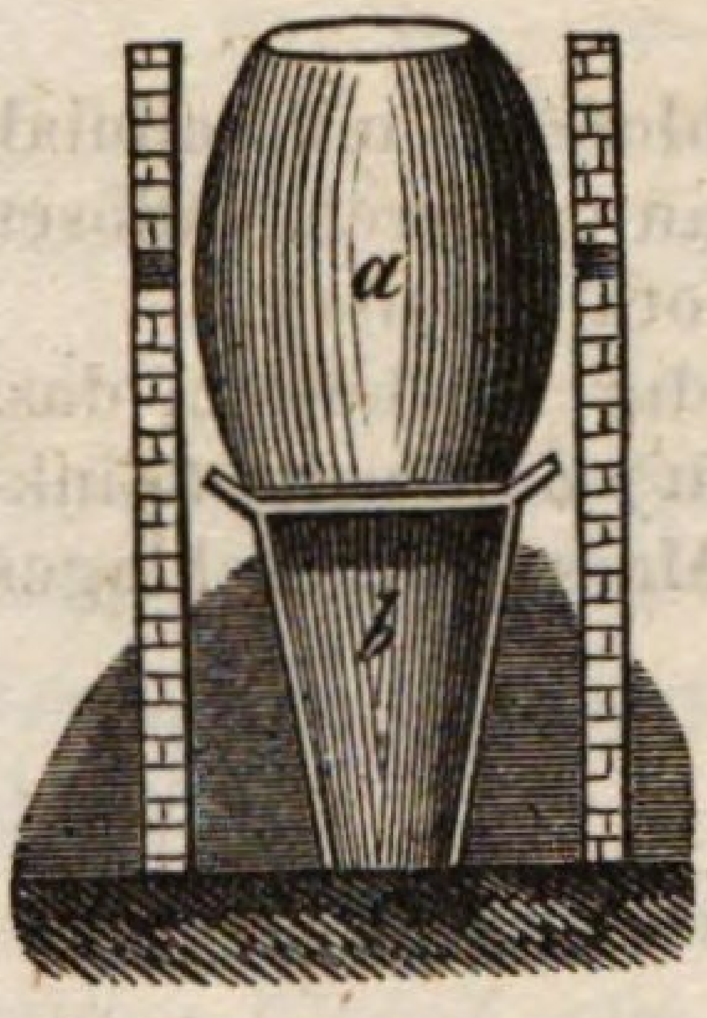
Kadmium. Das Kadmium, ein seltener vorkommendes und technisch noch wenig benutztes Metall ist ein fast steter Begleiter des Zinkes in den Zinkerzen, besonders in dem schlesischen Galmei. Es wurde 1817 fast gleichzeitig von Stromeyer in Hannover und Hermann in Schönebeck entdeckt. Das Kadmium steht hinsichtlich seiner Eigenschaften in der Mitte zwischen Zinn und Zink; es ist zinnweiss, stark glänzend, dehnbar und hämmerbar und verliert an der Luft nach und nach seinen Glanz. Es hat ein spec. Gewicht von 8,6—9,05, schmilzt bei 360$^0$ und lässt sich leicht destilliren. Der oberschlesische Galmei enthält bis zu 5 pCt. Kadmium, die Oberharzer Zinkblende 0,35—6,58 pCt. Der Kadmiumgehalt dieser Erze concentrirt sich in dem bräunlichen Rauche, der im Anfang der Zinkdestillation sich zeigt. Dieser Rauch, aus reinem und kohlensaurem Zink- und Kadmiumoxyd bestehend, dient als Kadmium-

erz. Die Reduction desselben geschieht mittelst Holzkohle in kleinen, cylindrischen, gusseisernen Retorten, die mit konischem Vorstoss von Eisenblech versehen sind. Das in dem Vorstosse befindliche Metall wird in Gestalt von 8 Zoll langen Stangen von Fingerdicke in den Handel gebracht. Von den Kadmiumpräparaten findet nur das Schwefelkadmium (Cd S) als gelbe Malerfarbe Anwendung. —

## Das Antimon.

Antimon. Das Antimon (Spiessglanz, Spiessglas) findet sich am häufigsten mit Schwefel verbunden als Grauspiessglanz ($SbS_3$), der auf Lagern und Gängen im Granit, und im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge bricht. Man gewinnt es, indem man das Grauspiessglanz (Schwefelantimon) aus den Erzen ausschmilzt. Das Ausschmelzen geschieht in einigen Gegenden, wie auf dem Wolfsberg bei Harzgerode, in Tiegeln *a*, deren Boden durchlöchert sind, und die auf kleineren Tiegeln *b* stehen (Fig. 75).

Fig. 75.



Um das Brennmaterial besser zu benutzen, wendet man an anderen Orten, so in Ungarn, eine ähnliche Vorrichtung mit zwei Töpfen oder Tiegeln an, bringt die Tiegel aber in der Weise auf den Herd eines Flammenofens, dass nur die oberen, beschickten Tiegel von der Flamme bestrichen werden. Die unteren Tiegel stehen ausserhalb des Ofens vor jedem grösseren Tiegel in kleinen Gewölben und sind mit den Tiegeln durch Thonröhren in Verbindung gesetzt. Fig. 76 zeigt den Verticaldurchschnitt, Fig. 77 den Grundriss des zum Aussaigern angewendeten Ofens. Eine Erläuterung der Zeichnung ist überflüssig.

Fig. 76.

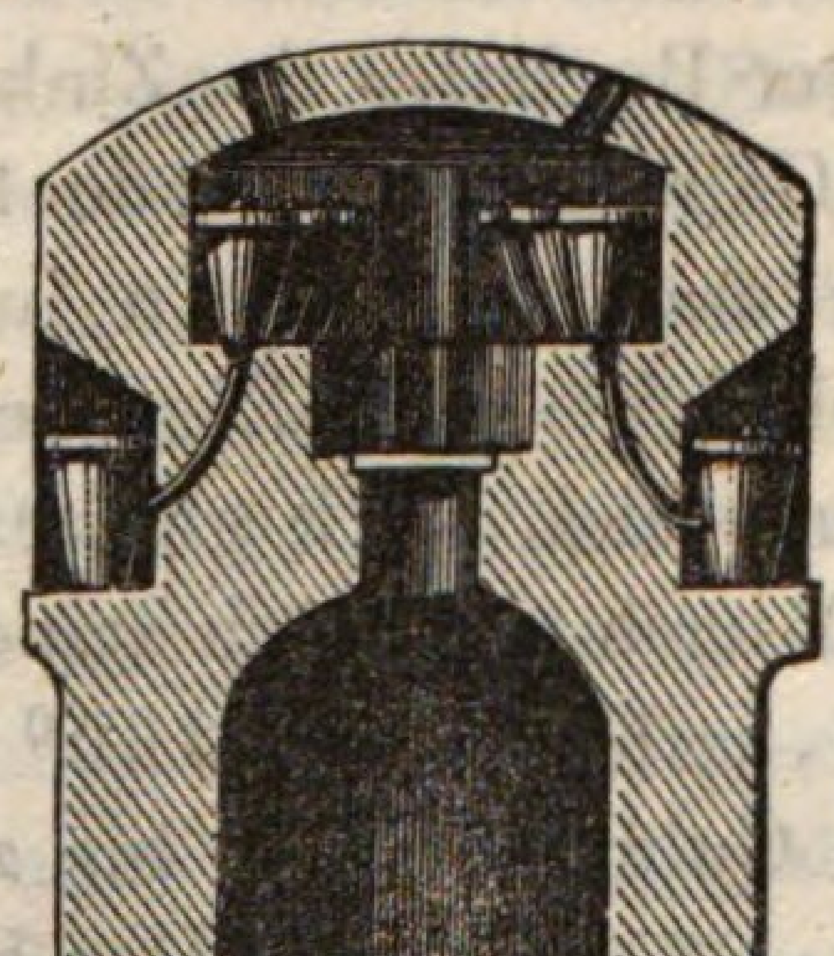
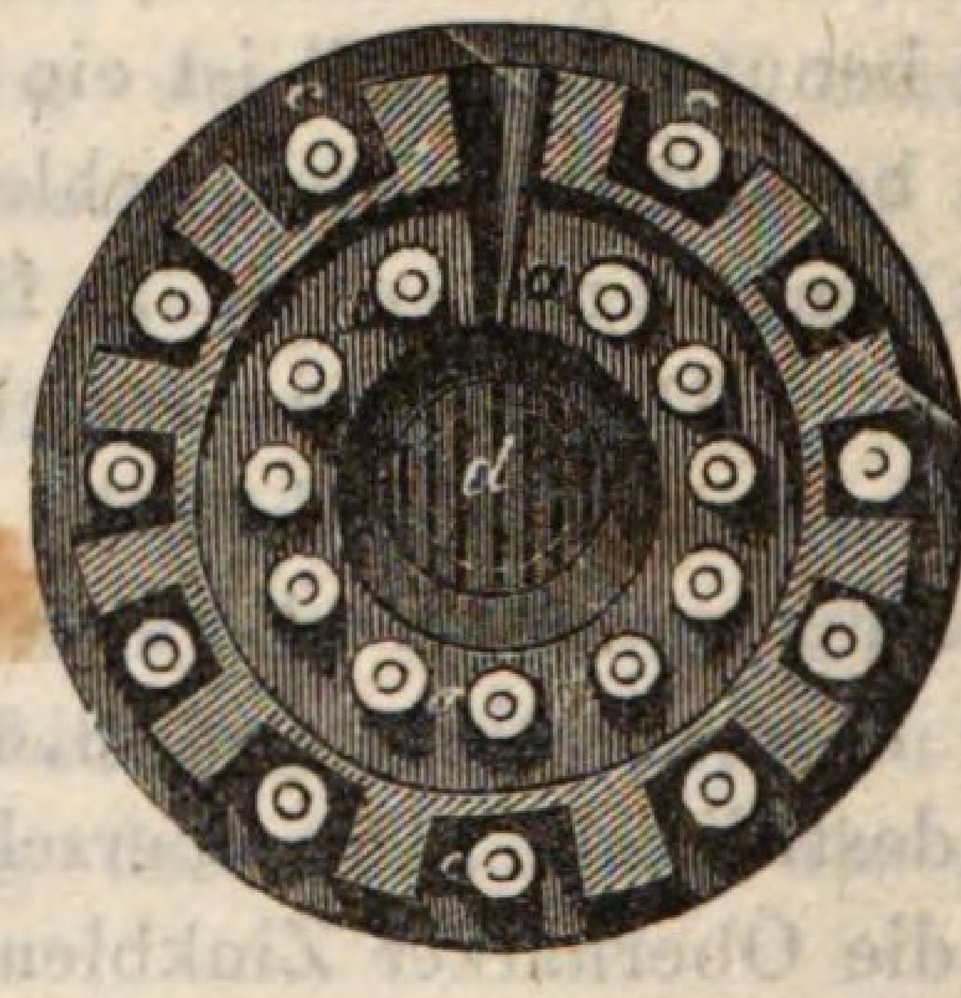


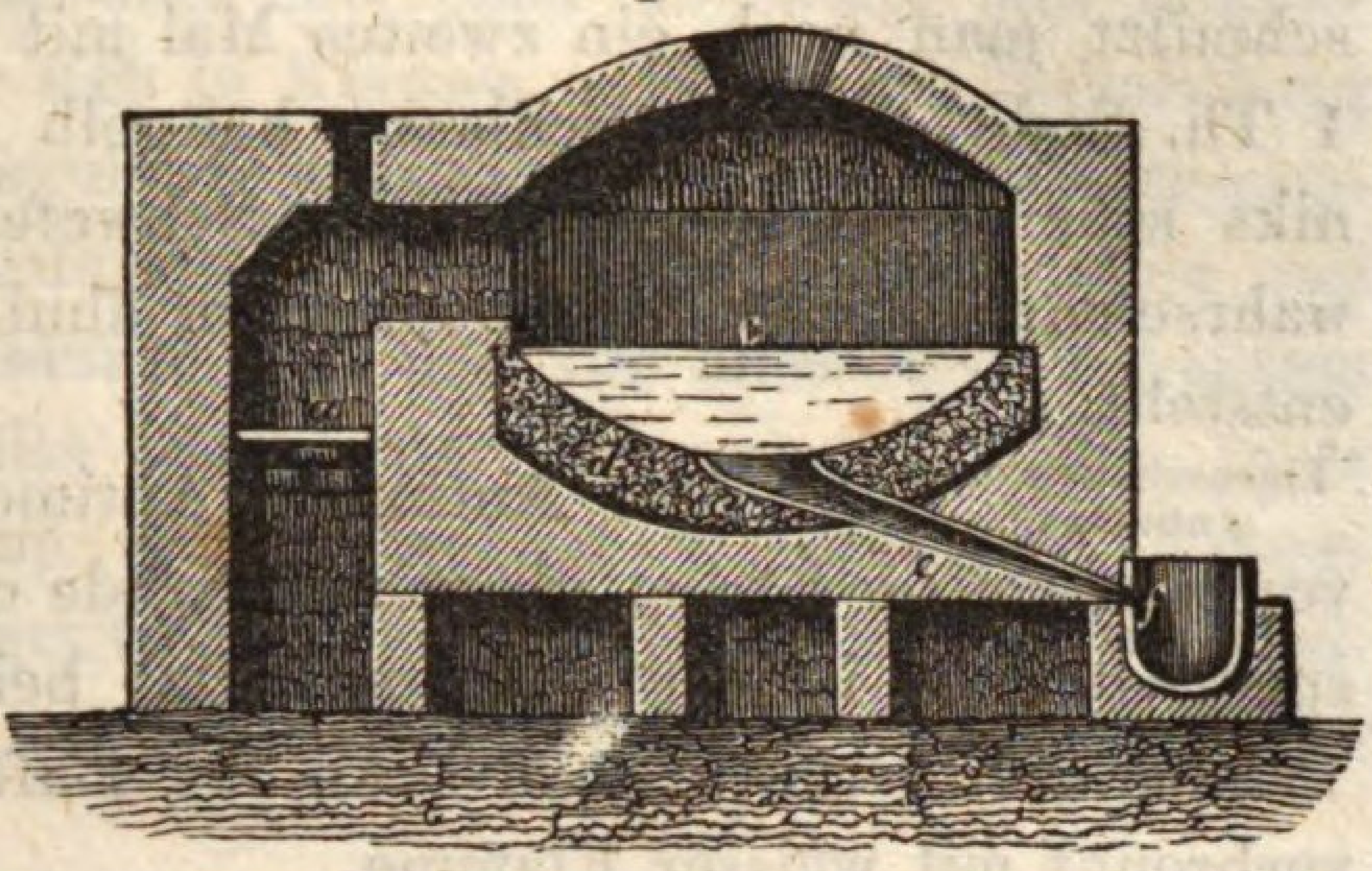
Fig. 77.



Am schnellsten lässt sich die Aussaigerung des Schwefelantimons bewerkstelligen, wenn man das Antimonerz unmittelbar auf den geneigten

Herd eines Flammenofens *e* (Fig. 78) bringt und dafür sorgt, dass das aussaigernde Schwefelantimon von dem tiefsten Punkte des Herdes durch eine Rinne *e* nach einem ausserhalb des Ofens befindlichen Recipienten *f* fliesst. Erst nachdem das Erz sich in einem erweichten Zustande befindet und eine Schlackendecke sich gebildet hat, wird die Abstichöffnung verschlossen und das Feuer verstärkt. Das noch im Erze zurückgebliebene Schwefelmetall sammelt sich unter der Schlacke und wird nach Beendigung der Operation abgestochen.

Fig. 78.



Das metallische Antimon stellt man aus dem Schwefelantimon auf dreierlei Weise dar, entweder röstet man das ausgesaigerte Schwefelantimon, oder man zersetzt es durch angemessene Zuschläge.

Zur Gewinnung des Antimons mittelst der Röstarbeit wird das Schwefelantimon auf der Sohle eines Flammenofens unter beständigem Umrühren geröstet bis es in antimonsaures Antimonoxyd übergeführt worden ist. Das geröstete Product, die Spiessglanzasche wird in Tiegeln reducirt. Zur Reduction würde schon Kohle genügen, allein da das Röstgut immer unzersetztes Schwefelantimon enthält, sich ferner Antimonoxyd verflüchtigen würde, wenn man keine Decke anwendete, vermischt man die Spiessglanzasche mit rohem Weinstein, oder Kohle und kohlensaurem Natron. Zur Reduction genügt starke Rothglühhitze. Man lässt den Regulus langsam unter der Schlackendecke erstarren, damit er jene sternförmig krystallinische Oberfläche erhalte, welche man im Handel begehrt.

In neuerer Zeit stellt man auch Antimon in England und Frankreich aus dem in Algerien in grosser Menge vorkommenden Weissspiessglanzerze $SbO_3$ dar.

Zweckmässig entfernt man den Schwefel aus dem Schwefelantimon durch Eisen. Durch die alleinige Anwendung des Eisens ist der Erfolg der Zersetzung ein ungünstiger, weil die Trennung des Schwefeleisens von dem Antimon wegen des fast gleichen specifischen Gewichtes beider Substanzen nur schwierig ausgeführt werden kann. Aus diesem Grunde und um der Schwefelverbindung ausser einem geringeren specifischen Gewicht grössere Leichtflüssigkeit zu geben, setzt man kohlensaures oder schwefelsaures Alkali hinzu. 100 Th. Schwefelantimon, 42 Th. Schmiedeeisen, 10 Th. calcinirtes schwefelsaures Natron und $3^1/_3$ Th. Kohle haben sich als ein passendes Verhältniss bewährt. Um zugleich einen arsenikfreien Regulus zu erlangen, schmilzt man das nach der angegebenen Vorschrift erhaltene Antimon und zwar 16 Th. desselben, den

man, wenn er noch nicht eisenhaltig genug ist, mit 2 Th. Schwefeleisen versetzen kann, mit 1 Th. Schwefelantimon und 2 Th. trockner Soda zusammen und erhält die Masse eine Stunde lang im Fluss. Den Regulus schmilzt man noch ein zweites Mal mit $1^1/_2$ Th. und ein drittes Mal mit 1 Th. Soda, bis die Schlacke hellgelb ist. Zur Abscheidung des Arseniks scheint die Gegenwart von Schwefeleisen Bedingung zu sein, indem wahrscheinlich eine dem Arsenikkies ähnlich zusammengesetzte Verbindung entsteht.

Eigenschaften des Antimons.

Das Antimon (Antimonkönig, Regulus Antimonii) ist von zinnweisser Farbe, glänzend, spröde und lässt sich leicht pulvern. Sein spec. Gewicht ist 6,8. Es schmilzt bei 430⁰ und lässt sich bei höherer Temperatur verflüchtigen. An der Luft geschmolzen, verdampft es und verbrennt mit weisser Flamme.

Legirungen des Antimons.

Das Antimon wird in grösster Menge von den Schriftgiessern gebraucht. Das Schriftgiessermetall besteht aus 1 Th. Antimon und 4 Th. Blei, ausserdem häufig noch aus einer geringen Menge Kupfer. Im Allgemeinen benutzt man Antimon, um Zinn und Blei eine grössere Härte, und Blei einen grösseren Glanz zu geben.

Schwefelantimon.

Das ausgesaigerte Schwefelantimon findet sich im Handel meist in der kegelförmigen Gestalt der Gefässe, in denen es erstarrt; es ist metallischglänzend, graphitfarben, sehr weich und auf dem Bruche strahlig krystallinisch. Es enthält gewöhnlich Eisen, Blei, Kupfer und Arsenik.

Neapelgelb.

Das Neapelgelb, eine orangegelbe, sehr beständige Oel- und Schmelzfarbe, ist wesentlich antimonsaures Bleioxyd und wird auf folgende Weise dargestellt: Man mengt 1 Th. Brechweinstein (weinsaures Antimonoxyd-Kali) mit 2 Th. salpetersaurem Bleioxyd und 4 Th. Kochsalz, glüht das Gemenge bei mässiger Rothglühhitze zwei Stunden lang, so dass es schmilzt, und bringt die geglühte Masse nach dem Erkalten in Wasser, wo sie zu einem feinen Pulver zerfällt und Kochsalz sich auflöst. Für Schmelzfarben wird das Neapelgelb, um es heller zu machen, mit Bleiglas zusammengeschmolzen.

Antimonzinnober.

Der Antimonzinnober ($SbO_3$, $2\,SbS_3$), ein dem Zinnober an Farbe ähnliches Präparat, wird erhalten, indem man unterschwefligsaures Natron auf Antimonchlorür und Wasser einwirken lässt; es bildet sich rasch beim Erhitzen bis zum Sieden ein Niederschlag, der sich leicht absetzt, ausgewaschen und getrocknet wird. Er bildet ein carminrothes zartes Pulver von sammetähnlicher Beschaffenheit. Luft und Licht verändern ihn nicht.

Man erhält den Antimonzinnober durch Befolgung der nachstehenden Vorschrift rein:

60 Th. krystallis. unterschwefligsaures Natron,
50 „ festes Antimonchlorür,
500 „ destillirtes Wasser.

Man kann ihn auch aus Brechweinstein darstellen, wenn man denselben mit unterschwefligsaurem Natron und Salzsäure kocht.

Kocht man den Antimonzinnober mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron, so verwandelt er sich in Kermes. Durch die Behandlung mit Essigsäure, Oxalsäure, Phosphorsäure, Ameisensäure, Borsäure, Citronensäure, Weinsäure mit 8fach verdünnter Schwefelsäure, desgleichen mit einer Auflösung von saurem oxalsauren Kali und von unterschwefligsaurem Natron, wird er weder in der Kälte noch in der Wärme angegriffen, ja er scheint sogar bei der Behandlung mit den genannten Stoffen an Farbenintensität noch zu gewinnen; dagegen wird er von Salzsäure und von Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. mit Leichtigkeit zersetzt, ebenso in der Wärme von Chromsäure.

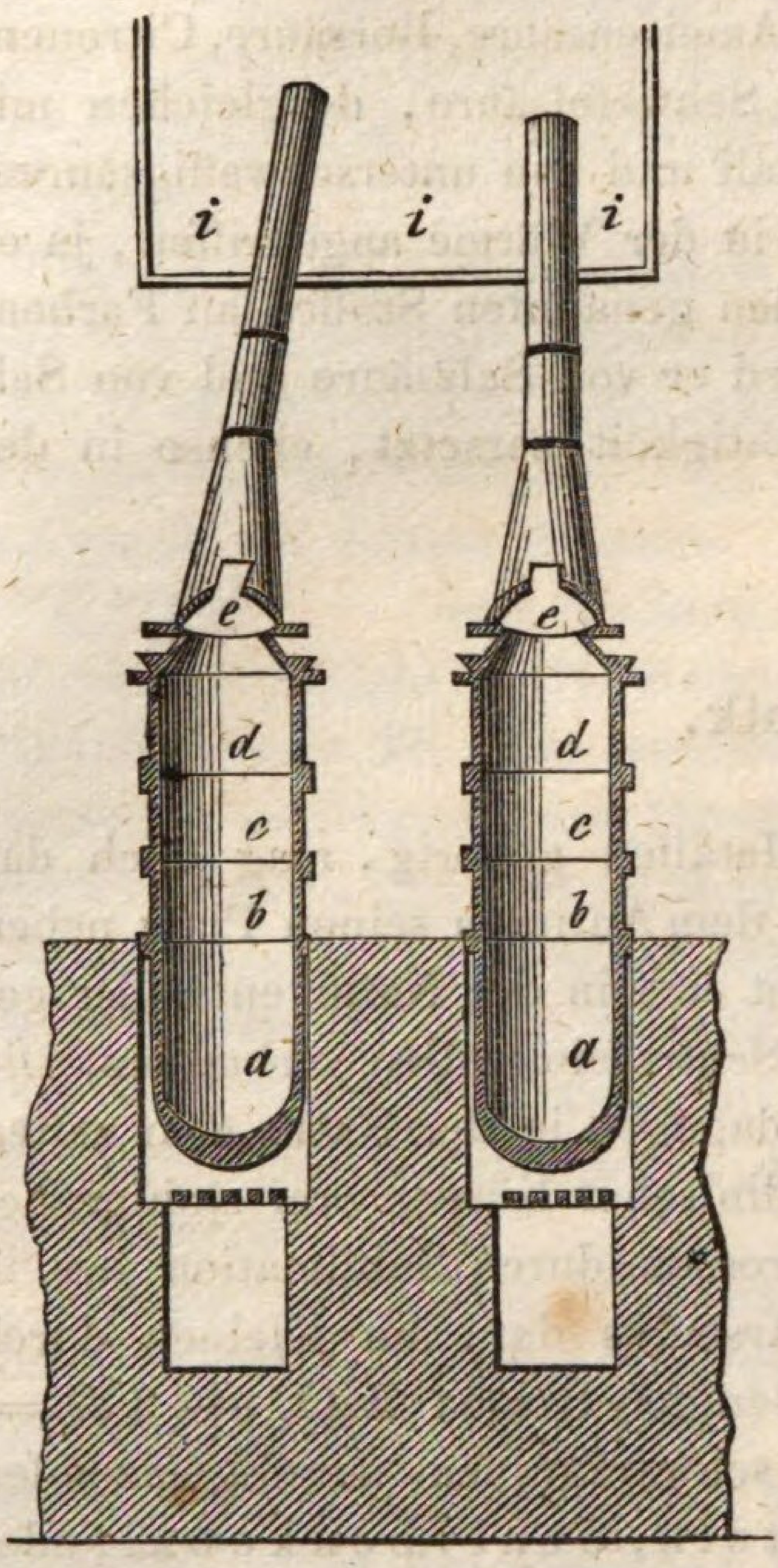
## Das Arsenik.

Arsenik. Zwar nicht zu den Metallen gehörig, mag doch das Arsenik wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Antimon seinen Platz neben diesem Metalle finden. Das Arsenik findet sich in der Natur entweder gediegen, oder mit Schwefel, Metallen und Schwefelmetallen verbunden. Die Oxydationsstufen des Arseniks kommen dagegen in der Natur sehr selten vor. Das Arsenik ist ein fester krystallinischer Körper von stahlgrauer glänzender Farbe. Man stellt es im Grossen durch Sublimation des in der Natur vorkommenden gediegenen Arseniks dar, im Kleinen durch Reduction des weissen Arseniks (der arsenigen Säure: $AsO_3 + 3\,C = 3\,CO + As$). Es erscheint im Handel in schwarzgrauen, metallglänzenden Krusten und führt den Namen Fliegenstein, Scherbenkobalt oder Näpfchenkobalt, der zuweilen 8—10 Proc. Schwefelarsenik beigemengt enthält. Das reine Arsenik findet nur selten Anwendung, man benutzt es bei der Fabrikation von Schrot und zur Darstellung des Weissfeuers.

Arsenige Säure. Die arsenige Säure oder das weisse Arsenik, $AsO_3$ (Rattengift, Giftmehl, Hüttenrauch), wird bei der Verarbeitung arsenikhaltiger Erze in den Blaufarbenwerken, auf Zinnhütten und dergl. als Nebenproduct gewonnen, indem man die arsenikhaltigen Erze in Flammenöfen röstet und die sich entwickelnden Dämpfe durch Kanäle und Kammern leitet, um die arsenige Säure zu verdichten. In Schlesien wird Arsenikkies eigends zur Gewinnung von arseniger Säure geröstet. Man erhält auf diese Weise die arsenige Säure in pulverförmigem Zustande, als Arsenik- oder Giftmehl; um sie zu raffiniren, wird dieses Pulver sublimirt. Das Sublimiren geschieht in eisernen Kesseln *a* (Fig. 79 Seite 308), auf welche man eiserne Ringe *b c d* und auf diese eine Haube *e* stellt, welche vermittelst der Röhren mit der Kammer *i* in Verbindung steht. Neben dieser Kammer befinden sich noch einige andere Kammern. Nachdem alle Fugen

verstrichen worden sind, beginnt die Sublimation. Die Hitze muss dabei so gesteigert werden, dass die in der Kammer *i* sich ansammelnde arsenige Säure weich zu werden beginnt; nach dem Erkalten erscheint sie als ein vollkommenes Glas (Arsenikglas) mit muschligem Bruche, Glasglanz und Durchsichtigkeit, das mit der Zeit weiss, porcellanartig, opal- und wachsartig glänzend wird. Sie ist wie alle anderen Arsenikpräparate im höchsten Grade giftig. Man benutzt die arsenige Säure in der Kattundruckerei, zur Reinigung des Glases während des Schmelzens, zur Darstellung von Arsenikpräparaten (arsenigsaure und arseniksaure Alkalien, Schweinfurter Grün), beim Ausstopfen von Thierbälgen u. s. w.

Fig. 79.




Schwefelarsenik. Unter den Schwefelungsstufen des Arseniks giebt es zwei, die in der Technik Anwendung finden, es sind dies das Realgar und das Operment.

Realgar. Realgar, rothes Arsenik, Rubinschwefel ($AsS_2$) kommt schon in der Natur häufig auf Erzgängen krystallinisch oder in deutlichen Krystallen vor und wird künstlich dargestellt, indem man Schwefel mit überschüssigem Arsenik oder arseniger Säure zusammenschmilzt, oder im Grossen Arsenikkies mit Schwefelkies der Destillation unterwirft. Realgar erscheint als rubinrothe Masse von muschligem Bruche, die mit salpetersaurem Kali gemengt und angezündet unter Verbreitung eines weissen glänzenden Lichtes verbrennt. Auf dieser Eigenschaft beruht seine Anwendung zu Weissfeuer; der Satz dazu besteht aus 24 Th. Salpeter, 7 Th. Schwefel und 2 Th. Realgar.

Weissfeuer.

Operment. Operment, Auripigment, gelbes Rauschgelb ($AsS_3$) findet sich ebenfalls in der Natur und wird künstlich durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit Arsenik oder Realgar, oder durch Destillation von einer entsprechenden Menge Arsenikkies und Schwefelkies dargestellt. Es erscheint in derben, hellorangegelben, durchsichtigen Massen, die fast stets arsenige Säure enthalten. Auf nassem Wege erhält man es durch Fällen einer salzsauren Lösung von arseniger Säure mit Schwefelwasserstoffgas, oder durch Zersetzen von Schwefelarsenik - Schwefelnatrium ($As\,S_3 + Na\,S$, durch Schmelzen von arseniger Säure mit Schwefel und

kohlensaurem Kali dargestellt) mit verdünnter Schwefelsäure. Man benutzt es in der Färberei als Reductionsmittel des Indigs und zur Darstellung des Rusma's; letzteres besteht aus 9 Th. Kalk und 1 Th. Operment mit etwas Wasser zu einem Teig gemacht. Es wird von den Orientalen als Enthaarungsmittel angewendet, lässt sich aber zweckmässig durch das Calciumsulfhydrat ersetzen.

Rusma.

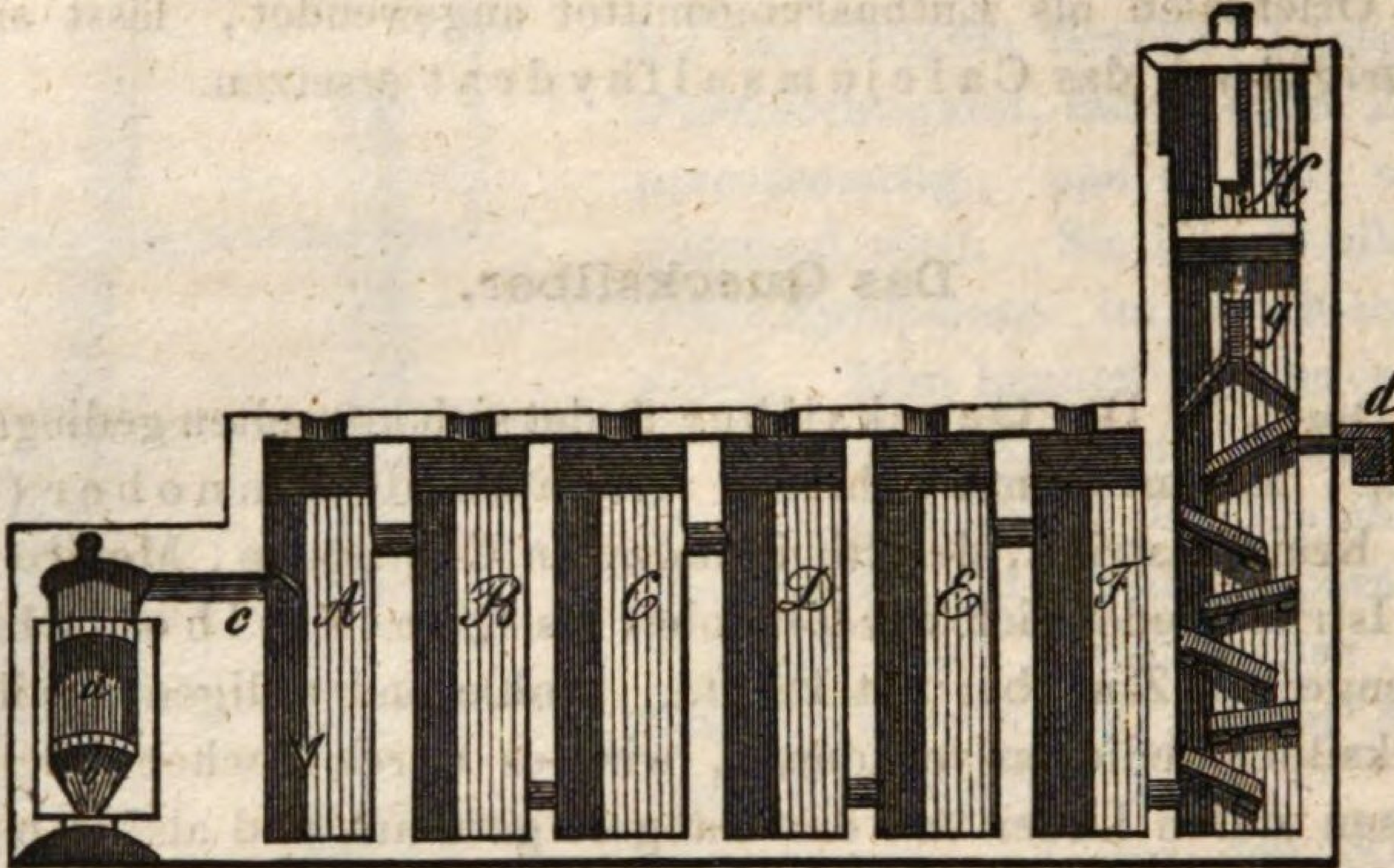
## Das Quecksilber.

Quecksilber. Vorkommen und Gewinnung.

Das Quecksilber findet sich nur selten gediegen, meist kommt es mit Schwefel verbunden als Zinnober (HgS) in Spanien, Krain, Istrien, der Rheinpfalz, in Californien, Mexico u. s. w. vor. In Istrien findet sich der Zinnober als Quecksilberlebererz, ein Gemenge von Zinnober mit Paraffin, Kohle und erdigen Theilen. Wo das Quecksilber gediegen vorkommt, wird es durch Pochen, Schlämmen und Pressen durch Leder von der Gangart getrennt und als Jungfernquecksilber in Handel gebracht. Zur Gewinnung des Quecksilbers aus Zinnober oder dem Quecksilberlebererz wird entweder der Zinnober (Schwefelquecksilber $=$ HgS) mit gelöschtem Kalke oder Eisenspänen innig gemengt aus gusseisernen oder thönernen Retorten oder Glockenöfen destillirt ($HgS + Fe = FeS + Hg$), wobei der Quecksilberdampf sich in irdenen Retorten ansammelt, welche bis nahe zur Mündung des Retortenhalses mit Wasser angefüllt sind, oder man verbrennt Zinnober an der atmosphärischen Luft, der Schwefel verbrennt zu nicht condensirbarer schwefliger Säure, während das Quecksilber als ein unter diesen Umständen nicht oxydirbares Metall gasförmig entweicht und aufgefangen wird ($HgS + 2\,O = SO_2 + Hg$). Die Darstellung des Quecksilbers nach der letzteren Methode geht in Idria auf folgende Weise vor sich. Auf das mit Löchern versehene Gewölbe *a* des Ofens (Fig. 80 Seite 310) schüttet man die Erzstücke, bis der Ofen angefüllt ist, vermauert dann die Oeffnungen, durch die das Erz eingetragen wurde und entzündet auf dem Rost *b* das Brennmaterial. Die heissen Gasarten entweichen durch das Rohr *c* in der Kammer *A* und gehen von da in die nachfolgenden *B C D E* und *F*; in der letzten Kammer fliesst aus dem Wasserbehälter *d* fortwährend kaltes Wasser ein. Die letzten Spuren von Quecksilber verdichten sich in den Rauchkammern *G* und *H*. Nach beendigtem Verbrennen des Zinnobers wird das in den Kammern condensirte Quecksilber gesammelt, durch Zwillichbeutel filtrirt und in eisernen Flaschen oder in ledernen Säcken in den Handel gebracht. Bei der Einrichtung in Almaden geschieht die Verdichtung der Quecksilberdämpfe in Aludeln, d. i. birnförmigen, an beiden Enden offenen Gefässen von gebranntem Thon, welche so in einander gefügt werden, dass, wie Fig. 81 nächste Seite zeigt, das dünnere Ende des einen in das weitere des anderen

passt, und dass nach dem Lutiren der Fugen mit Thon und Asche lange Reihen — Aludelschnüre — entstehen.

Fig. 80.




Eigenschaften des Quecksilbers.

Das Quecksilber ist metallglänzend, zinnweiss, bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssig, bei — 39,5° wird es fest, dehnbar, es siedet bei 360°. Sein spec. Gewicht = 13,5. Es verbindet sich mit Metallen und bildet mit denselben die Amalgame, es verbindet

Fig. 81.



sich leicht mit Blei, Wismuth, Zink, Zinn, Silber, Gold, schwer mit Kupfer, nicht mit Eisen und Platin. Auf dieser Eigenschaft, sich mit den meisten Metallen zu verbinden, beruht seine Anwendung zur Scheidung einiger Metalle wie des Goldes und Silbers von den Erzen (Amalgamation, Verquickung); man benutzt Amalgame zum Spiegelbelegen, zur Feuervergoldung, für das Reibzeug der Elektrisirmaschinen. Das Quecksilber findet ferner Anwendung zur Anfertigung physikalischer Instrumente, zur Darstellung der Secretage für Hutmacher (einer Lösung von Quecksilber in Salpetersäure), zur Fabrikation des Sublimats, Zinnobers, Knallquecksilbers u. s. w.

Anwendung des Quecksilbers.

Verbindungen des Quecksilbers.

Von den Verbindungen des Quecksilbers, die technische Anwendung finden, sind nur die zwei letztgenannten Körper zu erwähnen.

Zinnober.

Der Zinnober (Schwefelquecksilber, Quecksilbersulfid = HgS) kommt, wie schon erwähnt, in der Natur als natürlicher Zinnober in rothen, derben Massen, oder in durchsichtigen, rothen Krystallen vor, und war schon zu Plinius' Zeiten unter dem Namen Minium bekannt. Man stellt jedoch den Zinnober, um ihn als Farbenmaterial anzuwenden,

stets künstlich und zwar auf trocknem Wege und auf nassem dar. Auf trocknem Wege erhält man Zinnober, indem man 540 Th. Quecksilber mit 75 Th. Schwefel innig mengt und das entstandene schwarze Pulver in eisernen Gefässen bei mässigem Feuer bis zum Schmelzen, und darauf in irdenen, nur lose verstopften Gefässen im Sandbade erhitzt. Die sublimirte Masse erscheint cochenillerothglänzend, im Bruche faserig; sie giebt beim Zerreiben ein scharlachrothes Pulver, den präparirten Zinnober, dessen Farbe um so schöner ist, je reiner die Materialien und je freier die schwarze Verbindung von überschüssigem Schwefel war. Einigen Chemikern zu Folge soll man die Scharlachfarbe des Zinnobers dadurch sehr erhöhen, dass man dem Gemenge vor dem Sublimiren 1 pCt. Schwefelantimon zusetzt und den Zinnober nach dem Zerreiben monatelang an einem dunklen Orte mit verdünnter Salpetersäure digerirt, oder den etwa beigemengten Schwefel durch Digestion mit Kalilauge entfernt. Auf nassem Wege erhält man den Zinnober, indem man weissen Präcipitat (Mercur. praecipit. alb. s. Hydrarg. amidato-bichlorat., $HgCl + HgNH_2$, das man durch Fällen einer Auflösung von Quecksilbersublimat mit Ammoniak erhält) mit einer Auflösung von Schwefel in Schwefelammonium digerirt (Liebig), oder nach Martius, indem man 1 Th. Schwefel, 7 Th. Quecksilber und 2 — 3 Th. concentrirter Schwefelleberlösung ($KS_5$) tagelang mit einander schüttelt. Nach der Brunner'schen Methode, die den schönsten Zinnober liefert, mengt man 114 Th. Schwefel mit 300 Th. Quecksilber und setzt zur Beschleunigung des Processes etwas Kalilösung zu. Auf einfache Weise geschieht das Mischen dadurch, dass man beide Bestandtheile in gut verschlossene, starke Flaschen bringt, und dieselben an irgend einen sich hin und her bewegenden Balken einer Dampfmaschine, wie z. B. den einer Sägemühle befestigt. Die schwarze Verbindung wird mit einer Lösung von 75 Th. Kali in 400 Th. Wasser gemischt und im Wasserbade bei 45° erhitzt. Nach einigen Stunden nimmt die Masse eine rothe Farbe an; sie wird zur Abkühlung in kaltes Wasser gegossen, auf Filtern gesammelt, gewaschen und getrocknet. — Der im Handel vorkommende Zinnober ist häufig mit Mennige, Eisenoxyd oder Chromzinnober verfälscht; beim Erhitzen bleiben diese Substanzen zurück. Reiner Zinnober ist in Natriumsulfhydrat (NaS, HS) leicht und vollkommen löslich.

Knallquecksilber. Das Knallquecksilber oder knallsaure Quecksilberoxyd besteht in 100 Theilen aus 76,06 Th. Quecksilberoxyd und 23,94 Th. Knallsäure. Es wurde von Howard entdeckt und früher Howard's Knallpulver genannt. Es wird im Grossen auf folgende Weise dargestellt. Man löst bei gelinder Wärme 2 Pfund Quecksilber in 10 Pfund Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht und versetzt die Lösung mit noch 10 Pfund Salpetersäure. Die Flüssigkeit wird in sechs tubulirte Retorten vertheilt und in jede Retorte zu der noch warmen Flüssigkeit 10 Liter Alkohol von 0,833 spec. Gew. zugegossen. Misst

man Quecksilber, Salpetersäure und Alkohol, so nimmt man auf 1 Volumen Quecksilber $7^1/_3$ Volumen Salpetersäure und 10 Volumen Alkohol. Nach Verlauf von einigen Minuten beginnt eine grosse Menge Gas sich zu entwickeln, und es bildet sich ein weisser Niederschlag, der auf einem Filter gesammelt und zur Entfernung der Säure mit kaltem Wasser gewaschen wird. Das Filter wird darauf mit dem Niederschlage auf einem Kupferbleche oder auf einer Porcellanplatte, welche durch Wasserdampf nicht bis zu 100° erwärmt wird, ausgebreitet und getrocknet. Aus 100 Th. Quecksilber erhält man auf diese Weise 118—128 Th. Knallquecksilber; nach der Theorie müsste man 142 Th. erhalten. Der getrocknete Niederschlag wird in kleine Partien getheilt und eine jede derselben in Papier eingeschlagen, besonders aufbewahrt. Das knallsaure Quecksilberoxyd bildet weisse, durchsichtige Krystallnadeln, die bis zu 186° erhitzt oder heftig gestossen mit starkem Knalle detoniren. Vorzüglich leicht explodirt das Knallquecksilber auf Eisen, wenn es mit einem eisernen Instrumente geschlagen wird. Mit 30 pCt. Wasser gemischt, lässt es sich ohne Gefahr auf einer Marmortafel mit einem hölzernen Pistill fein reiben.

Zündhütchen. Das Knallquecksilber wird bekanntlich in grosser Menge zum Füllen der Zündhütchen gebraucht. Die Zündhütchen sind aus dünn gewalztem Kupferblech gefertigt, die, um das Auseinanderspringen während des Entzündens zu vermeiden, häufig an den Seiten gespalten sind. Um die Zündhütchen zu füllen, reibt man 100 Th. Knallquecksilber auf Marmortafeln mit Reibern oder Walzen aus Buchsbaumholz mit 30 Th. Wasser fein und setzt zu dem Brei 50 Th. Salpeter, oder 62,5 Th. Salpeter und 29 Th. Schwefel, oder 60 Th. Mehlpulver. Der nasse Brei wird auf Papierunterlagen getrocknet und vermittelst Haarsieben gekörnt. Die Körner werden auf Papier ausgebreitet und in flachen Holzkästen getrocknet. Auf das in das Zündhütchen gelegte Korn des Zündpulvers wird in manchen Fabriken ein kleines Kupferplättchen gelegt, das fest auf die Zündmasse aufgepresst wird. Andere Fabriken überkleiden das Korn mit einer weingeistigen Lösung von Schellack, Mastix oder Sandarak, welche aber wegen der oxydirenden Einwirkung auf das Kupfer zu verwerfen sind; am zweckmässigsten ist eine Auflösung von Mastix in Terpentinöl. Derselbe wird in dem Hütchen mit einer Harzauflösung befestigt und zum Schutze vor der Feuchtigkeit mit dieser Lösung überzogen. Ein Kilogramm Quecksilber, das man in Knallquecksilber verwandelt, ist zur Füllung von 40,000 Zündhütchen ausreichend. Für Jagdflinten reicht diese Menge für 57,600 Zündhütchen hin.

Obgleich das Knallquecksilber weit schneller explodirt als das Schiesspulver, so geschieht doch die Explosion langsam genug, um ein Projectil fortschleudern zu können. Auf diesem Umstande beruht die Möglichkeit, mit Zündhütchen ohne Pulver zu schiessen.

Knallsilber. Das Knallsilber (knallsaure Silberoxyd) wird auf

ähnliche Weise wie das Knallquecksilber durch Auflösen von Silber in Salpetersäure und Mischen dieser Lösung mit erwärmtem starken Alkohol dargestellt. Die Darstellung dieses Präparates erfordert die grösste Vorsicht, da es schon im feuchten Zustande mit der grössten Heftigkeit explodirt. Es kann deshalb nicht zur Füllung der Zündhütchen angewendet werden. Wohl aber dient es zu Spielereien, wie zu Knallerbsen, Knallfidibus u. s. w. Um Knallerbsen zu erhalten, bringt man ein wenig Knallsilber, etwa von der Grösse eines Stecknadelkopfes in eine dünngeblasene, kleine, hohle Glaskugel und umwickelt dieselbe mit etwas Papier. Wird die Kugel mit Gewalt zur Erde geworfen, so bewirken die Glasscherben durch Reibung die Explosion des Knallsilbers. — Nicht zu verwechseln mit diesem Präparat ist das Silberoxyd-Ammoniak, welches häufig mit dem Namen Knallsilber bezeichnet wird; diese Verbindung explodirt noch leichter als das knallsaure Silberoxyd und wird deshalb nicht angewendet.

## Das Platin.

Platin. Vorkommen. Das Platin findet sich nur gediegen und zwar in geringer Menge in dem Platinerze, das besonders in Südamerika im aufgeschwemmten Lande und am Ural in Form kleiner, rundlicher, metallglänzender, stahlgrauer Körner vorkommt. In der neueren Zeit hat man auch gediegenes Platin unter Waschgold aus dem Bergwerk des Herrn Erwin in Rutherford-County in Nordamerika gefunden. Dass das Platin überhaupt viel allgemeiner verbreitet sei, als man bislang annahm, geht aus den Untersuchungen Pettenkofer's hervor, in welchen nachgewiesen wird, dass alles Silber, das nicht direct aus einer Scheidung herrührt, einen geringen Platingehalt habe. Das Platin wurde von den Spaniern in Amerika entdeckt, von denen es anfänglich für Silber gehalten wurde, bis 1752 Scheffer das Platin als eigenthümliches Metall erkannte.

Platinerz. Die unter dem Namen Platinerz, gediegen Platin, rohes Platin in dem Handel vorkommenden Erze sind Gemenge von Platin mit Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Ruthenium, Eisen, Kupfer und Blei, und enthalten ausserdem gewöhnlich noch Körner von Osmium-Iridium, Gold, Chromeisen, Titaneisen, Spinell, Zirkon und Quarz. Nach der Zerstörung der Gebirgsmassen, in denen es enthalten war, ist es von den Fluthen fortgerissen worden. Boussingault fand in Südamerika die primäre Lagerstätte des Platins, und am Ural ist es jedenfalls der Serpentin, in welchem das Platinerz vorkommt.

Berzelius und Svanberg fanden bei der Analyse des Platinerzes von Ural (a), Columbia (b), Choco (c):

| | a | b | c |
|---|---|---|---|
| Platin . . . . | 86,50 | 84,30 | 86,16 |
| Rhodium . . . | 1,15 | 3,46 | 2,16 |
| Iridium . . . . | — | 1,46 | 1,09 |
| Palladium . . . | 1,10 | 1,06 | 0,35 |
| Osmium . . . . | — | 1,03 | 0,97 |
| Osmium-Iridium . | 1,14 | — | 1,91 |
| Kupfer . . . . | 0,45 | 0,74 | 0,40 |
| Eisen . . . . | 8,32 | 5,31 | 8,03 |
| Kalk . . . . . | — | 0,12 | — |
| Quarz . . . . . | — | 0,60 | — |

Die jährliche Ausbeute an Platin beträgt 4300 — 4600 Pfund, wovon auf dem Ural 3800—4000 Pfd., auf Columbia und Brasilien 600 Pfund kommen.

Gewinnung des Platins aus den Platinerzen.

Das Platin wird aus den Erzen auf folgende Weise gewonnen. Nach dem Waschen werden dieselben bis zum Rothglühen erhitzt und darauf mit Salzsäure behandelt. Dann übergiesst man diese Erze mit kaltem Königswasser, um das Gold zu entfernen, filtrirt ab und behandelt den Rückstand in einer Retorte von Neuem mit Königswasser. Die abdestillirte Flüssigkeit enthält Osmiumsäure, der ungelöste Rückstand Osmium-Iridium, Ruthenium, Chromeisenstein und Titaneisen, während in der Flüssigkeit Palladium, Platin, Rhodium und eine geringe Menge Iridium enthalten sind. Diese Lösung wird mittelst kohlensauren Natrons neutralisirt und mit einer Lösung von Cyanquecksilber versetzt, wodurch das Palladium als Cyanpalladium ausgeschieden wird. Die vom Cyanpalladium abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Abdampfen concentrirt und mit einer gesättigten Lösung von Salmiak versetzt, wodurch Platinsalmiak ($PtCl_2 + NH_4 Cl$) mit einer Spur Iridium gefällt wird. Behufs der technischen Anwendung ist diese geringe Beimischung des Platins vortheilhaft zu nennen, da es dem Platin die zum Verarbeiten nöthige Härte ertheilt. Der Platinsalmiak wird getrocknet und geglüht, wodurch das metallische Platin als schwammige Masse, als Platinschwamm, zurückbleibt. Der Platinschwamm wird in eisernen Cylindern, die mit stählernen Kolben versehen sind, bei der Rothglühhitze zusammengepresst und diese Operation so lange wiederholt, bis das Platin das Ansehen von geschmolzenem Platin hat und zum Verarbeiten hinreichend compact ist. Nach Hess soll man die Platinerze behufs der Abscheidung des Platins mit der 2—4fachen Menge Zink zusammenschmelzen, die entstehende gleichartige spröde Masse pulvern und sieben, mit verdünnter Schwefelsäure das Zink und den grössten Theil des Eisens ausziehen, die zurückbleibende Masse erst zur Entfernung von Eisen, Kupfer und Blei mit Salpetersäure und dann mit Königswasser behandeln, welches den Rückstand seiner Zertheilung wegen weit besser löst, und darauf wie gewöhnlich verfahren.

Eigenschaften des Platins.

Das Platin ist ein silberweisses, sehr glänzendes, hämmer- und streckbares Metall, das so weich ist, das es mit der Scheere geschnitten werden kann. Es lässt sich zu fast mikroskopischen Drähten ausziehen; zu diesem Behufe überzieht man einen Platindraht mit Silber und lässt das Stück durch die Drahtstrecke gehen; wenn der Draht möglichst fein ausgezogen ist, behandelt man denselben mit Salpetersäure, die das Silber löst, das Platin aber unangegriffen lässt. Das specifische Gewicht des Platins ist 21,0—23,0. In den gewöhnlichen Oefen ist das Platin fast gänzlich unschmelzbar, erweicht aber und lässt sich in diesem Zustande schweissen, in kleiner Menge kann es aber vor dem Knallglasgebläse und durch starke galvanische Batterien geschmolzen werden. Man kennt das Platin als Platinschwamm, als Platinmohr und als gehämmertes Platin. Platinschwamm und Platinmohr haben beide die Eigenschaft, Gase und besonders Sauerstoff in ausserordentlich bedeutender Menge in ihren Poren aufzunehmen; kommt daher Wasserstoffgas mit diesen Körpern zusammen, so verbindet sich derselbe mit dem Sauerstoff unter Mitwirkung des Platins als prädisponirenden Körpers, zu Wasser. Diese Verbindung geht aber unter so grosser Wärmeentwickelung vor sich, dass das Platin ins Glühen kommt. Der darauf geleitete Wasserstoff wird deshalb entzündet. Auf den eben beschriebenen Vorgang gründet sich das bekannte Döbereiner'sche Wasserstofffeuerzeug. Der Platinmohr ist höchst fein zertheiltes Platin, als schwarzes Pulver erscheinend, das man entweder darstellt, indem man schwefelsaures Platinoxyd mit Alkohol kocht, wodurch der Platinmohr als schwarzes Pulver zu Boden fällt, oder indem man Zink mit Platin zusammenschmilzt und die Legirung mit verdünnter Schwefelsäure behandelt. Der Platinmohr besitzt die Eigenschaft, Sauerstoff zu absorbiren in noch höherem Grade als der Platinschwamm, er dient zur Erzeugung von Essig aus Alkohol. Das gehämmerte Platin kann nur durch Austreiben verarbeitet werden; es dient zur Anfertigung vieler chemischer und technischer Apparate, die durch hohe Temperatur und die meisten Agentien nicht angegriffen werden, nichtsdestoweniger aber mit der grössten Vorsicht zu behandeln und namentlich vor der Berührung mit ätzenden Alkalien, schmelzendem Salpeter, freiem Chlor (Königswasser), Schwefel (Schwefellebern), Phosphor, geschmolzenen Metallen und leicht reducirbaren Metalloxyden zu hüten sind. Man fertigt aus dem Platin Bleche, Drähte, Tiegel, Löffel, Löthrohrspitzen, Retorten, Zangen, Kessel für Affinirwerkstätten und Schwefelsäurefabriken; man benutzt es ferner zur Construction galvanischer Elemente, zu Glühlampen und zum Ueberziehen von Porcellan, Steingut und Glas (s. S. 112). In der neueren Zeit hat man das Platin auch in der Porcellanmalerei angewendet. In Russland und in Columbien hat man früher Platin zu Münzen ausgeprägt.

Platinschwamm und Platinmohr.

Gehämmertes Platin und Anwendung desselben.

Elaylplatinchlorür.

Das Elaylplatinchlorür $Pt_2\ C_4\ H_3\ Cl_2$ wird er-

halten, indem man Platinchlorid in Weingeist auflöst, die Lösung im Wasserbade verdampft, und das Auflösen und Abdampfen mehrmals wiederholt. Wenn man in die sehr verdünnte Lösung des Abdampfungsrückstandes Gegenstände aus Glas oder Porcellan taucht, und dieselben sodann über der Lampe erhitzt, so erhalten sie einen spiegelnden Ueberzug von metallischem Platin. Eine ähnliche Substanz wendet man zur Erzeugung von Platinlüster (vergl. Seite 112) an.

## Das Silber.

Silber. Vorkommen desselben. Das Silber kommt in der Natur ziemlich häufig, und zwar theils gediegen, theils mit Arsenik, Antimon, Tellur, Quecksilber und Gold verbunden, theils als Schwefelmetall mit anderen Sulfureten vereinigt, selten als Oxyd an Säuren gebunden vor. Die am häufigsten vorkommenden Silbererze sind:

Das Silberglaserz oder der Silberglanz, Silbergehalt 84—86 pCt. (AgS), das Dunkel-Rothgültigerz, Silbergehalt 58—59 pCt. ($3\,AgS + SbS_3$), das lichte Rothgültigerz, Silbergehalt 64—64,5 pCt. ($3\,AgS + AsS_3$), der Miargyrit ($AgS + SbS_3$), das Sprödglaserz ($6\,AgS + SbS_3$), Silbergehalt 67—68 pCt., der Polybasit [$(AgS, Cu_2S)_9, SbS_3$], Silbergehalt 64—72,69 pCt., und das Weissgültigerz [$(FeS, ZnS, Cu_2S)_4, SbS_3 + (PbS, AgS)_4, SbS_3$], Silbergehalt 30—32,69 pCt. Ausserdem findet sich das Silber sehr häufig im Bleiglanz, dessen Silbergehalt gewöhnlich zwischen 0,01—0,03 pCt. schwankt, zuweilen 0,5, selten 1,0 pCt. erreicht, in den Kupfererzen: Kupferglanz, Kupferkies und Buntkupfererz mit 0,020—1,101 pCt. Silbergehalt: in den Fahlerzen (vergl. S. 254), in den Zinkerzen Zinkblende und Galmei u. s. w.

Gewinnung des Silbers. Das hüttenmännische Verfahren der Darstellung des Silbers kann geschehen:

I. Abth. auf nassem Wege:
   1) mittelst Quecksilber
      a) europäische } Amalgamation.
      b) amerikanische }
   2) mittelst Auflösung und Fällung:
      a) Augustin's Methode,
      b) Ziervogel's Methode,
      c) sonstige Methoden.

II. Abth. auf trocknem Wege:
   1) Gewinnung von silberhaltigem Blei;
   2) Abscheidung des Silbers aus silberhaltigem Blei;
      a) Abtreiben auf dem Treibherde,
      b) Concentriren des Silbers im Werkblei (Pattinsoniren),
      c) Entsilberung des Werkbleies durch Zink,
      d) Feinmachen des Blicksilbers.

Durch Ausschmelzung.

1) Das Ausschmelzen des Silbers aus den Erzen findet nur selten statt und kann nur mit Erzen vorgenommen werden, die sehr reich an gediegenem Silber sind.

Durch Ausziehen des Silbers mittelst Amalgamation.

2) Die Gewinnung des Silbers durch Quecksilber oder der Amalgamationsprocess wird nur bei sehr silberarmen Erzen angewendet, die ungefähr 7—8 Loth Silber im Centner enthalten.

Europäische Amalgamation.

Das in Europa gebräuchliche Verfahren ist folgendes, welches in vier Hauptoperationen: 1) in das Rösten; 2) in das Amalgamiren; 3) in die mechanische Scheidung des Silberamalgams vom überschüssigen Quecksilber und 4) in die Verflüchtigung des Quecksilbers aus dem Silberamalgam zerfällt. Man setzt zu den zu amalgamirenden Erzen 10 pCt. Kochsalz und röstet das Gemenge, um Antimon und Arsenik zu verflüchtigen, welche im oxydirten Zustande in besondern Räumen aufgefangen werden. Durch die gegenseitige Einwirkung des Kochsalzes und gerösteten Schwefelkieses, aus welchem durch das Rösten schwefelsaures Eisenoxyd geworden, entstehen schwefelsaures Natron, Eisenchlorid und entweichende schweflige Säure. Das Eisenchlorid giebt sein Chlor an das Silber ab und bleibt als Eisenoxyd zurück. Ferner haben sich gebildet schwefelsaures Kupferoxyd, schwefelsaures Eisenoxyd, welche den noch unveränderten Theil des Schwefelsilbers zu schwefelsaurem Silberoxyd oxydiren, während sie selbst zu Oxydulsalzen reducirt werden. Durch die Einwirkung des noch unveränderten Kochsalzes bildet sich Chlorsilber und schwefelsaures Natron. Die übrigen vorhandenen Metalle werden eben so wie das Silber in Chlormetalle verwandelt. Die braune Masse wird nach beendigtem Rösten gemahlen und auf die Amalgamirfässer gebracht, in denen sie mit Wasser, Eisenstückchen und Quecksilber gemengt 16—18 Stunden lang herumgedreht wird, indem die Fässer in jeder Minute sich 20—22 Mal um ihre Axe drehen. Durch das Eisen werden alle vorhandenen Metalle regulinisch ausgeschieden, während sich das frei gewordene Chlor mit dem Eisen zu Eisenchlorür verbindet. Die reducirten Metalle verbinden sich mit dem Quecksilber zu Amalgam.

Zur Verdeutlichung des Wesens des Amalgamationsverfahrens, nehmen wir an, es solle aus einem Silbererz, bestehend aus:

$$(Cu_2\,S,\ AgS,\ FeS) + (AsS_3,\ SbS_3)$$

nach dieser Methode das Silber ausgeschieden werden*). Nach dem Rösten (das bei dem vorliegenden Beispiele in Aufnahme von 30 Aeq. Sauerstoff besteht) mit Kochsalz (3 Cl Na) haben sich folgende Körper gebildet:

*) Bei diesem Beispiele ist auf die zugleich sich bildenden flüchtigen Chlorverbindungen (Chlorschwefel, Arsenchlorid, Antimonchlorid etc.) keine Rücksicht genommen worden. Wer ausführliche Belehrung über den Vorgang bei der obigen Röstung sucht, den verweise ich auf das treffliche Buch von Kerl, Metallurg. Hüttenkunde, 1855, Bd. I. p. 31; Bd. III. I. Abtheil. p. 217.

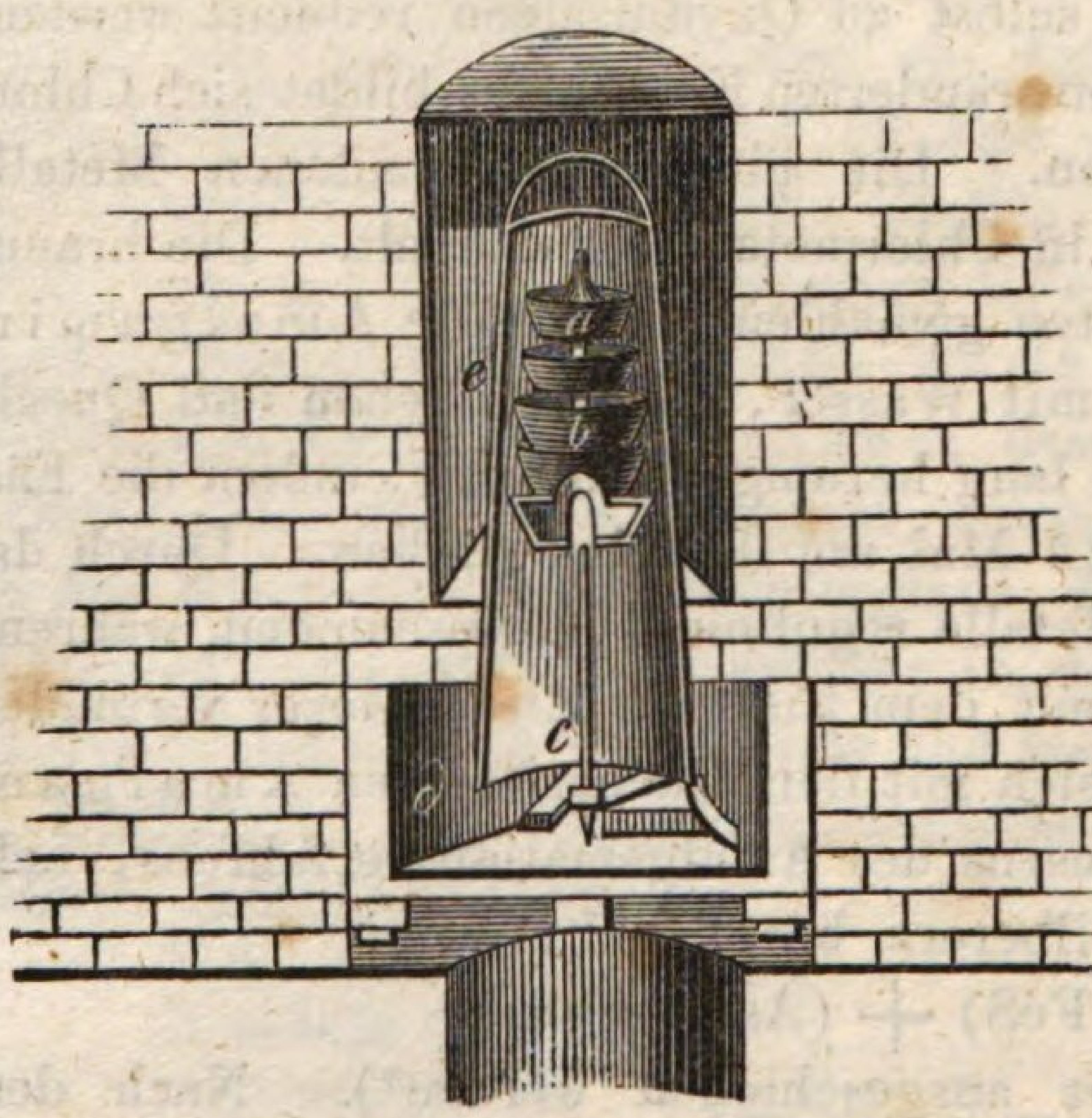
$$\underbrace{[(Cu_2 Cl, Ag Cl, Fe Cl) + 3 NaO, SO_3]}_{\text{zurückbleibende Körper}} + \underbrace{[AsO_3 + SbO_3 + 6 SO_2]}_{\text{sich verflüchtigende Körper}}$$

In den Amalgamirfässern verwandeln sich unter Mitwirkung des Eisens, Quecksilbers und Wassers die zurückbleibenden Körper in:

$$([Cu_2 Cl, Ag Cl, Fe Cl) + 3 NaO, SO_3] + 3 Fe + n Hg = 3 NaO, SO_3 + \underbrace{(Cu, Ag, n Hg)}_{\text{Amalgam}} + 4 Fe Cl.$$

Nach beendigtem Rotiren sammelt sich das Amalgam am unteren Theile der Fässer an und wird durch den nach unten gerichteten Spund abgelassen. Das ablaufende Amalgam fliesst durch einen zwillichen Sack in steinerne Tröge, das Silberamalgam concentrirt sich in dem Sacke, während das flüssige Quecksilber abläuft. Zur Trennung des überschüssigen Quecksilbers vom Silberamalgam wird der Sack darauf zugeschnürt und zwischen Brettern ausgepresst. Das in dem Sacke zurückbleibende feste Amalgam*) wird zum Ausglühen auf eiserne Teller *a b* (Fig. 82) gebracht, welche in der Mitte einen hohlen Dorn haben, so dass ein Teller auf den anderen gesetzt werden kann. Der unterste Teller *b* ist auf einer eisernen Stange *c* befestigt, die in der Mitte eines mit Wasser angefüllten Kastens *d* steht, das Ganze wird mit einer eisernen Glocke *e* bedeckt, so dass der innere Raum luftdicht abgesperrt ist. Durch ein ausserhalb der Glocke befindliches Kohlenfeuer wird das Quecksilber aus dem Amalgam dampfförmig ausgetrieben, das, keinen Ausweg findend, in dem Wasser des Kastens *d* sich condensirt. Das Silber bleibt nebst den anderen in dem Amalgam enthaltenen Metallen auf den eisernen Tellern zurück. Es heisst in diesem Zustande Tellersilber (Anquicksilber, Amalga-

Fig. 82.




*) Das feste Silberamalgam besteht nach Kersten aus

| | |
|---|---|
| Silber | 11,0 |
| Quecksilber | 84,2 |
| Kupfer | 3,5 |
| Blei | 0,1 |
| Zink | 0,2 |

mirmetall*). Jetzt benutzt man gewöhnlich zur Trennung des Silbers vom Quecksilber einen Apparat, welcher aus einer weiten gusseisernen, in einem Ofen befindlichen Röhre besteht, an deren einem Ende eine rechtwinklig nach abwärts gebogene Röhre befestigt ist, während sie an dem anderen Ende luftdicht verschliessbar ist, und mit dem Amalgam beschickt wird. Das nach abwärts gebogene Rohr führt unter Wasser, in welchem sich das condensirte Quecksilber absetzt. In der neueren Zeit hat man die Benutzung gespannter Wasserdämpfe zur Destillation des Quecksilbers aus dem Amalgam empfohlen. Um es von dem grössten Theile der fremden Metalle zu befreien, wird das Tellersilber in Graphittiegeln mit Kohlenpulver bestreut und noch einmal umgeschmolzen. Selbst nach dem Umschmelzen (Raffinatsilber) enthält es aber noch 3—5 Loth Kupfer auf die Mark, von welchem es durch Abtreiben oder durch Affiniren befreit wird.

Amerikanische Amalgamation. Die amerikanische Amalgamation ist in Mexico, Peru, Chile und Neuspanien üblich. Die zur Amalgamation bestimmten Silbererze, hauptsächlich Rothgültigerz, Fahlerz, seltener Chlorsilber und gediegen Silber, werden trocken gepocht, ohne vorher gewaschen zu werden, und nachher mit Wasser gemahlen, bis sie einen hohen Grad von Feinheit erlangt haben, was zum Gelingen der Operation unerlässlich ist. Das gepochte Erz wird in die Erzmühlen gebracht, unter deren Steinen aus Porphyr oder Basalt, das Mahlen vor sich geht. 6—8 Ctr. Erz brauchen dazu 24 Stunden; die Arbeiter befeuchten das Erz von Zeit zu Zeit, damit es die Consistenz eines dünnflüssigen Schlammes habe. Der Brei gelangt nun auf einen mit Steinplatten ausgelegten Hofraum, der etwas abschüssig ist, damit das Regenwasser abfliessen kann. Nach einigen Tagen setzt man Magistral, d. i. gerösteten und feingeriebenen Kupferkies ($Fe_2 S_3$, $Cu_2S$) hinzu in der Menge von $^1/_3$—3 pCt., lässt auch dieses durch Treten einkneten und setzt sodann nach und nach Quecksilber hinzu, ungefähr das Sechsfache von dem in dem Erz befindlichen Silber (die Incorporation). Das Durchtreten wird einen Tag um den anderen 2—5 Monate lang wiederholt, bis die Entsilberung beendigt zu sein scheint, darauf wird der Quickbrei in ausgemauerten Cisternen verwaschen, um das Amalgam zu scheiden, welches durch Pressen in Zwillichsäcken vom überschüssigen Quecksilber befreit und destillirt wird.

Die Theorie der Amalgamation ist folgende: Der Kupferkies wird durch das Rösten in schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Eisenoxyd überge-

---

*) Freiberger Tellersilber bestand nach Lampadius aus

| | |
|---|---|
| Silber | 75,0 |
| Quecksilber | 0,7 |
| Kupfer | 21,2 |
| Blei | 1,5 |

Freiberger Raffinatsilber nach Plattner aus

| | |
|---|---|
| Silber | 71,55 |
| Kupfer | 28,01. |

führt, welche beiden Salze sich mit dem Kochsalze zu Kupfer- und Eisenchlorid und schwefelsaurem Natron umsetzen. Diese beiden Chloride wirken nun auf das vorhandene metallische Silber und bilden Chlorsilber, während sie selbst zu Chlorüren reducirt werden, während das beim Verwitterungsprocesse gebildete schwefelsaure Silberoxyd direct mit dem Kochsalze sich umsetzt. Zugleich findet auch eine chlorende Einwirkung des Kupfer- und Eisenchlorides auf das Schwefelsilber, so wie auf die übrigen Schwefelmetalle statt. Das Chlorsilber wird vom Kochsalze aufgelöst und das Silber aus dieser Lösung durch das Quecksilber ausgeschieden, welches letztere in Quecksilberchlorür übergeht. Das reducirte Silber wird von nicht verändertem Quecksilber aufgenommen.

Die amerikanische Amalgamation ist mit grossem Zeitaufwande und enormem Quecksilberverluste (da für jedes Aequivalent Silber, welches aus dem Chlorsilber reducirt wird, ein Aequiv. Quecksilberchlorür $Hg_2$ Cl sich bildet) verbunden, dagegen kann man nach dieser Methode ohne Brennmaterial und mit geringer Arbeit Erze behandeln, welche so arm sind, dass die meisten anderen Methoden nicht anwendbar sein würden.

Augustin's Methode der Silbergewinnung.

Die Methode der Silbergewinnung von Augustin gründet sich auf die Bildung eines leicht löslichen Doppelchlorürs von der Zusammensetzung Ag Cl, Na Cl, wenn Chlorsilber mit einer heissen concentrirten Lösung von Kochsalz zusammengebracht wird, und auf die Fähigkeit des Kupfers, aus der concentrirten Lösung dieser Verbindung das Silber vollständig abzuscheiden.

Die durch Pochen und Mahlen in ein Mehlpulver verwandelten, wesentlich aus Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefeleisen bestehenden Kupfersteine werden zuerst ohne Kochsalz geröstet, dadurch bildet sich zuerst Eisenvitriol, dann Kupfervitriol und zuletzt bei höherer Temperatur Silbervitriol, wobei schon aller Eisenvitriol und ein grosser Theil des Kupfervitriols bereits zersetzt ist, so dass das Röstgut nach Beendigung des Vorröstens aus Eisenoxyd, Kupferoxyd, kleinen Mengen von Kupfervitriol und viel Silbervitriol besteht. Darauf wird durch fortgesetztes Rösten mit Kochsalz der Silbervitriol in Chlorsilber übergeführt. Das Röstgut wird mit heisser concentrirter Kochsalzlösung ausgezogen, wobei das Silber in Gestalt der oben erwähnten Verbindung Ag Cl, Na Cl aufgelöst ist. Aus der Flüssigkeit scheidet man durch metallisches Kupfer das Silber und aus der sich bildenden kupferchlorürhaltigen Lauge das Kupfer durch Eisen ab.

Ziervogel's Methode der Silbergewinnung.

Die Ziervogel'sche Silbergewinnungsmethode geht anfangs denselben Weg wie die Methode Augustin's, trennt sich von derselben aber insofern, als beim Rösten kein Kochsalz zugegeben wird. Das Röstgut, wesentlich aus Silbervitriol, wenig Kupfervitriol, viel Kupferoxyd und Eisenoxyd bestehend, wird mit heissem Wasser ausgezogen, welches den Silber- und den Kupfervitriol auflöst. Aus dieser Lösung wird das Silber durch metallisches Kupfer niedergeschlagen und als Nebenproduct Kupfervitriol enthalten. Im Mansfeld'schen wendet man die Methode Ziervogel's schon seit mehreren Jahren zur Entsilberung der Kupfersteine an; sie ist weniger complicirt und erfordert, weil das Auslaugen schneller von statten geht, weniger Röst-

kosten und Arbeitslohn, als das Verfahren von *Augustin*, dagegen ist die Röstoperation schwieriger auszuführen, es werden reichere Steine erfordert und in der Regel bleiben reichere Rückstände.

Andere Methoden der Silbergewinnung auf nassem Wege.

*Silbergewinnung mittelst unterschwefligsauren Natrons.* Nach Hauch röstet man die Erze wie nach der europäischen Amalgamation mit Kochsalz, um das Silber in Chlorsilber zu verwandeln, und löst letzteres in unterschwefligsaurem Natron auf. Aus der Lösung wird das Silber durch Kupfer oder Zink niedergeschlagen. Auch *Patrea* schlägt, veranlasst durch die Unbequemlichkeit, mit welcher die Anwendung einer heissen concentrirten Kochsalzlösung zur Silberextraction nach *Augustin's* Verfahren verknüpft ist, ebenfalls unterschwefligsaures Natron vor. Aehnliche Vorschläge sind auch von *Percy* gemacht worden, welcher ausserdem auf die Anwendbarkeit des Chlorkalkes und Chlors zur Umwandlung des Silbers in Chlorsilber aufmerksam macht.

*Silbergewinnung mittelst Kochsalz und Ammoniak.* Schon von *Rivero* und *Gmelin* wurde vorgeschlagen, die Silbererze nach dem Rösten mit Kochsalz mit Ammoniakflüssigkeit zu digeriren, aus der ammoniakalischen Flüssigkeit das Chlorsilber durch Schwefelsäure zu fällen und durch Schmelzen mit einem Flussmittel zu reduciren.

Silbergewinnung auf trocknem Wege.

Die *Extraction des Silbers* aus seinen Erzen *mittelst Blei* beruht:

1) auf der Eigenschaft des Bleies, Schwefelsilber unter Bildung von Schwefelblei und Abscheidung von metallischem Silber zu zersetzen:

$$\left.\begin{matrix}Ag\,S\\ n\,Pb\end{matrix}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{matrix}Ag\mathit{n}\,Pb\\ Pb\,S.\end{matrix}\right.$$

Andere, dem Silber beigemengte Schwefelmetalle, besonders Schwefelkupfer und Schwefeleisen, werden vom Blei weniger zersetzt. Die Producte der Schmelzung sind *silberhaltiges Blei* und *silberfreier Stein*, aus Schwefelblei, Schwefelkupfer und Schwefeleisen bestehend. Die Ausziehung des Silbers durch Blei erfolgt um so vollständiger, je kupferärmer die Erze sind.

2) Auf der zersetzenden Einwirkung von Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd und Schwefelsilber, in deren Folge silberhaltiges Blei und schweflige Säure sich bilden:

$$\left.\begin{matrix}Ag\,S\\ 2\,Pb\,O\end{matrix}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{matrix}Pb_2\,Ag\\ SO_2\end{matrix}\right.\quad\text{und}\quad\left.\begin{matrix}Ag\,S\\ PbO,\,SO_3\end{matrix}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{matrix}Pb\,Ag\\ 2\,\,SO_2.\end{matrix}\right.$$

3) Auf der reducirenden Einwirkung von Blei auf Silberoxyd oder auf schwefelsaures Silberoxyd:

$$\left.\begin{matrix}2\,Pb\\ Ag\,O\end{matrix}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{matrix}Pb\,O\\ Ag\,Pb\end{matrix}\right.\quad\text{und}\quad\left.\begin{matrix}3\,Pb\\ Ag\,O,\,SO_3\end{matrix}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{matrix}Pb\,Ag\\ 2\,Pb\,O\\ 2\,\,SO_2.\end{matrix}\right.$$

4) Auf der grösseren Verwandtschaft des Silbers zum Blei als zum Kupfer. Wird silberhaltiges Kupfer mit Blei zusammengeschmolzen, so entsteht ein Gemenge von leichtflüssigem silberhaltigem Blei und einer schwer schmelzbaren Legirung von Kupfer mit Blei. Ersteres kann von letzterem durch Aussaigerung getrennt werden.

Gewinnung von silberhaltigem Blei (Werkblei). Der Bleiarbeit werden eigentliche Silbererze, welche geröstete kiesige Erze, silberhaltige Kupfer- und Bleierze in geröstetem oder ungeröstetem Zustande, gerösteter silberhaltiger Scherbenkobalt u. s. w. unterworfen. Das Wesentliche der Bleiarbeit besteht darin, dass man die zu entsilbernden Substanzen mit geschmolzenem Blei behandelt. Es resultirt eben so wie beim Zugutemachen von silberhaltigem Bleiglanz (vergl. Seite 276) silberhaltiges Werkblei.

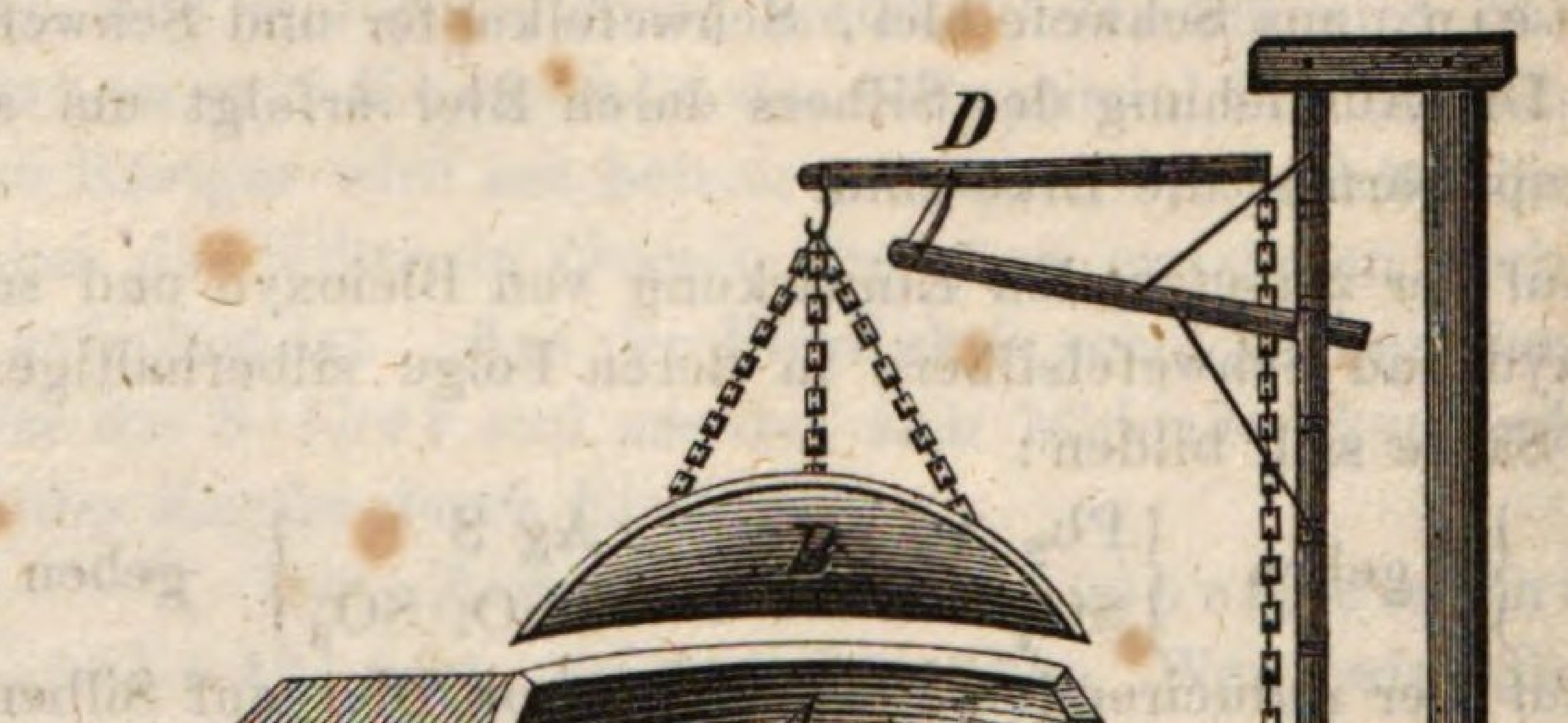
Die Entsilberung des Werkbleies kann geschehen

1) auf dem Treibherde,
2) durch das Pattinsoniren,
3) vermittelst Zink.

Der Treibprocess. Das Treiben auf Treibherden wird mit jedem silberhaltigen Blei sowohl auf den Silberhüttenwerken, als auf den Bleihüttenwerken vorgenommen. Es beruht darauf, dass das oxydirbare Blei von den nicht oder nur schwer oxydirbaren Metallen, mit denen es gemischt ist, durch einfache oxydirende Schmelzung abgeschieden wird, indem man dafür sorgt, dass das entstehende Bleioxyd theils abgezogen wird, theils in die Poren des Treibherdes sich einzieht. Die dadurch sich stets erneuernde Oberfläche des Metallbades wird so lange oxydirt, als die Metalllegirung noch Blei enthält, bis zuletzt das Silber im reinen Zustande zurückbleibt.

Der Treibherd ist ein runder Flammenofen mit einer angebauten Feuerung; der Herd *a* (Fig. 83) ist mit einer aus Blech gefertigten und inwendig mit feuerfestem Thone ausgeschlagenen Haube *B* bedeckt, welche

Fig. 83.




durch die Vorrichtung *D* aufgehoben und niedergelassen werden kann. Der Herd wird aus ausgelaugter Asche geschlagen, in der Mitte befindet sich eine Vertiefung *c* zum Ansammeln des Silbers, *b* ist der Feuerraum. In dem aus Bruchsteinen bestehenden, den Herd einschliessenden Raum,

dem Ofenkranz, befinden sich 1) das Glättloch, welches mit Herdmasse während der Arbeit so weit geschlossen gehalten wird, dass sich dasselbe mit der oberen Fläche des im Treibofen eingeschmolzenen Werkbleies im Niveau befindet, so dass die über dem Metall sich bildende Glätte abfliessen kann. Sobald die Menge des Werkbleies abnimmt, wird der Herdmasse im Glättloch durch Auskratzen derselben ein niedriges Niveau gegeben; diese rinnenförmige Vertiefung heisst die Glättgasse. 2) Das Blechloch (Schnürloch), in der Regel gegenüber der Feuerbrücke, dient zum Eintragen der Herdmasse und der Werke. 3) Die Formen.

Die Treibarbeit wird bei gesteigerter Temperatur so lange fortgesetzt, bis sich das auf dem Herde zurückgebliebene Silber nur noch mit einer dünnen Schicht von Bleiglätte überzieht, die eben so schnell zu verschwinden scheint, als sie entsteht. Das Entstehen und Verschwinden des Häutchens giebt sich durch ein Farbenspiel, das Blicken des Silbers zu erkennen. Sobald diese Erscheinung wahrgenommen wird, hört man mit dem Feuern auf, kühlt das Blicksilber durch Besprengen mit Wasser und hebt es aus dem Ofen. Das abfliessende flüssige Bleioxyd erstarrt beim Erkalten zu einer blättrig krystallinischen Masse von gelber oder röthlich gelber Farbe, Bleiglätte.

Das Pattinsoniren. Im Jahre 1833 wurde von Pattinson eine Methode erfunden, den Silbergehalt des Werkbleies bedeutend zu concentriren, mithin ein sehr silberreiches Werkblei zu erzielen, wodurch nicht nur die Kosten und der Zeitverlust des gewöhnlichen Treibprocesses bedeutend verringert werden, sondern auch wegen der schnellen Beendigung der Treibarbeit ein geringerer Verlust an Blei stattfindet. Die Methode von Pattinson (das Pattinsoniren), gründet sich darauf, dass wenn silberarmes Werkblei in einem geeigneten Gefässe geschmolzen und ihm unter fortwährendem Umrühren eine langsame Abkühlung gestattet wird, sich bei einer gewissen Temperatur, welche dem Schmelzpunkte des Bleies sehr nahe liegt, Bleikrystalle auf dessen Oberfläche bilden, sich zu Boden setzen und einen viel geringeren Silbergehalt haben, als das angewendete Blei, während der Silbergehalt des im Gefässe zurückgebliebenen flüssigen Bleies verhältnissmässig gestiegen ist.

Entsilberung des Werkbleies mittelst Zink. Parkes erhielt 1850 ein Patent in England auf das Ausbringen des Silbers aus silberhaltigem Werkblei mittelst Zink. Diese Methode gründet sich darauf, dass

1) Blei und Zink mit einander keine Legirung bilden;
2) die Verwandtschaft des Silbers zum Zink grösser ist als die zum Blei.

Man trägt in einen eisernen Kessel 20 Ctr. Werkblei ein, versetzt diese nach dem Schmelzen mit 1 Ctr. geschmolzenem Zink und lässt es nach gehörigem Umrühren so lange stehen, bis das Zink an der Oberfläche zu einem Kuchen erstarrt, den man vom Bleiherd abhebt. Das Zink wird von dem Silber durch Destillation geschieden. Nach Beendigung der Destillation nimmt man die Rückstände heraus und treibt, nachdem man

etwas Blei hinzugefügt hat, wie gewöhnlich ab. Das condensirte Zink dient zur Entsilberung neuer Quantitäten Blei.

Feinbrennen des Blicksilbers.

Feinbrennen des Blicksilbers. Das unmittelbar aus den Erzen gewonnene Silber, mag es nun durch Amalgamation, oder durch Bleiarbeit, oder endlich durch Niederschlagen aus seiner Lösung durch metallisches Kupfer dargestellt worden sein, ist niemals rein, sondern enthält immer noch mehrere Procente anderer Metalle. Auch bei der Treibarbeit wird der Process nie so lange fortgesetzt, bis alle fremden Metalle vollkommen oxydirt wären, und gewöhnlich beträgt der Silbergehalt des Blicksilbers oft nicht ganz 95 pCt. Die Reinigung des Silbers von allen Beimischungen anderer Metalle durch Oxydation nennt man das Feinbrennen des Silbers. Enthält das Silber nur noch Blei oder macht letzteres den vorwiegenden Bestandtheil des fremden Metalls aus, so ist das Feinbrennen nichts als ein fortgesetzer Treibprocess, welcher aber nicht auf den grossen Herden der Treiböfen, sondern in einem mehr concentrirten Raume vorgenommen wird. Macht dagegen das Blei nicht den überwiegenden Bestandtheil der Verunreinigung aus, so wird erst dem Silber durch Schmelzen ein Zusatz von Blei gegeben und darauf erst die Oxydation vorgenommen. Stets entstehen beim Feinbrennen kleine Quantitäten von Bleiglätte, welche man aber nicht wie bei dem Treibprocess von der Oberfläche des Silbers ablaufen, sondern von der gewöhnlichen Masse (Knochenasche, Mergel) absorbiren lässt, aus welcher die Gefässe, deren man sich zum Feinbrennen bedient, gefertigt sind. Im Allgemeinen lassen sich drei Arten des Feinbrennens unterscheiden, nämlich 1) das Feinbrennen in Testen, Schalen oder eisernen Ringen, welche mit Knochenasche ausgefüttert sind, vor dem Gebläse, 2) das Feinbrennen unter der Muffel, 3) das Feinbrennen im Flammenofen. Letzteres Verfahren ist das vortheilhafteste und einfachste. Das erhaltene Brand- oder Feinsilber enthält in der Regel 15 Loth 15 Grän Feinsilber in der Mark.

Chemisch reines Silber.

Chemisch reines Silber erhält man, indem man kupferhaltiges Silber in Salpetersäure löst, aus der Lösung das Silber durch Kochsalz oder Salzsäure fällt und das entstandene Chlorsilber reducirt. Zu diesem Zwecke trägt man es in schmelzendes kohlensaures Kali ein, oder glüht es mit Colophonium und Potasche. Auf nassem Wege reducirt man Chlorsilber, indem man dasselbe mit Zink und verdünnter Salzsäure zusammenbringt ($Cl\,Ag + Zn + Cl\,H = Cl\,Zn + Ag + Cl\,H$).

Eigenschaften des Silbers.

Reines Silber zeichnet sich durch seine weisse Farbe, grosse Politurfähigkeit und grosse Dehnbarkeit aus. Sein specifisches Gewicht ist 10,5. Es ist härter als Gold, minder hart als Kupfer. Es schmilzt ungefähr bei $1000^0$. Beim Schmelzen absorbirt es Sauerstoff und giebt denselben beim Erkalten wieder von sich, was ein Umherspritzen

des Silbers veranlasst. Man nennt dies das Spratzen des Silbers. An schwefelwasserstoffhaltiger Luft läuft das Silber an.

Legirungen des Silbers. Das Silber bildet mit Blei, Zink, Wismuth, Zinn, Kupfer und Gold Legirungen, von denen die mit Blei für die Gewinnung des Silbers von Wichtigkeit ist. Die wichtigste der Legirungen ist aber die mit Kupfer, weil das reine Silber als zu weich fast nie, sondern nur mit Kupfer legirt, verarbeitet wird. Diese Legirungen sind härter und klingender als reines Silber. In Deutschland bezeichnet man den Gehalt dieser Legirungen an reinem Silber auf die Weise, dass man die Lothe angiebt, die in der Mark enthalten sind. (Eine Mark = 16 Loth; ein Loth = 18 Grän.). Eine feine Mark = 16 Loth Feinsilber. Eine rauhe oder beschickte Mark enthält Kupfer und Silber in verschiedenen Verhältnissen; 12löthig heisst z. B. Silber, das in der Mark auf 4 Loth Kupfer 12 Loth Silber enthält. In Frankreich bezeichnet man das Feinsilber mit $^{1000}/_{1000}$ und deutet den Feingehalt der Legirungen durch Tausendtheile an. Wären die Silbermünzen in allen Staaten gleichmässig legirt, so würde der Münzverkehr ausserordentlich einfach sein, da man dann den Werth der fremden Münzsorten in einheimische nur nach dem Gewicht zu reduciren brauchte. Da dies aber nicht der Fall ist, so wird durch den Münzfuss eines Landes der Feingehalt (Korn) und das Gewicht (Schrot) bestimmt und angegeben, wie viel einer gewissen Art Münzstücke aus einer feinen Mark geprägt werden sollen.

Alter Münzfuss. Bis zum Jahre 1857 unterschied man in Deutschland drei Münzfüsse:

1) den 14 Thalerfuss (Preussen, Hannover, Sachsen, Kurhessen, Oldenburg, zum Theil die thüringischen Staaten);

2) den $24^1/_2$ Guldenfuss (Bayern, Württemberg, Baden, Grossherzogthum Hessen, Nassau, Frankfurt etc.);

3) den 20 oder Conventions-Guldenfuss (Oesterreich).

In Deutschland war bis zum Jahre 1857 die kölnische Mark oder Vereinsmark (= 233,855 Gramm) das Münzgewicht. Die feine Mark Silber lieferte

| | | |
|---|---|---|
| nach dem 14 | Thalerfusse | 14 Thaler |
| nach dem $24^1/_2$ | Guldenfusse | $24^1/_2$ Gulden oder 49 halbe Gulden, |
| nach dem 20 | Guldenfusse | 20 Conventionsgulden. |

Neuer Münzfuss. Nach dem Wiener Münzvertrage vom 24. Januar 1857 gelten gegenwärtig in allen deutschen und österreichischen Staaten folgende Bestimmungen.

1) Das Pfund ($^1/_2$ Kilogramm) dient der Ausmünzung zur Grundlage.

2) Mit Festhaltung der reinen Silberwährung wird die Münzverfassung der betheiligten Staaten in der Art geordnet, dass, je nachdem in demselben die Thaler- oder Guldenrechnung eingeführt ist, entweder der 30 Thalerfuss (an Stelle des bisherigen 14 Thalerfusses) zu 30

Thalern aus dem Pfunde Feinsilber, oder der 45 Guldenfuss zu 45 Gulden aus dem Pfunde Feinsilber und der $52^1/_2$ Guldenfuss (an Stelle des bisherigen $24^1/_2$ Guldenfusses) zu $52^1/_2$ Gulden aus dem Pfunde Feinsilber, als Landesmünzfuss gelten wird.

3) Unter Münzen der Thalerwährung sind die des 30 Thalerfusses, der österreichischen Währung die des 25 Guldenfusses, der süddeutschen Währung die des $52^1/_2$ Guldenfusses zu verstehen.

4) Der Feingehalt wird nicht mehr wie früher in Lothen, sondern wie in Frankreich und England in Tausendtheilen ausgedrückt.

5) Das Mischungsverhältniss der Vereinsmünzen ist

900 Silber,
100 Kupfer.

Es werden demnach $13^1/_2$ doppelte oder 27 einfache Vereinsthaler ein Pfund wiegen. Die Abscheidung im Mehr oder Weniger darf im Feingehalte nie mehr als drei Tausendtheile, im Gewicht aber bei den einzelnen Vereinsthalern nie mehr als vier Tausendtheile seines Gewichtes betragen.

6) Die Silberscheidemünze wird nie nach einem leichtern Münzfusse als $34^1/_2$ Thaler in Thalerwährung, $51^3/_4$ Gulden österreichischer Währung und $60^3/_8$ Gulden süddeutscher Währung ausgeprägt.

In Frankreich prägt man aus 1 Kilogramm Silber von $^{900}/_{1000}$ 200 Franken (= $222^2/_9$ Franken aus 1 Kilogramm Feinsilber), in England aus einem Troy-Pound (= 373,248 Gramm) Silber von $^{925}/_{1000}$ 66 Schilling, aus einem Troy-Pound Feinsilber $71^{13}/_{37}$ Schilling.

Silberprobe. Um den Feingehalt einer Legirung kennen zu lernen, wendet man 1) die Probe auf trocknem Wege, die Kupellation, 2) die Probe auf nassem Wege, die Titrirmethode, 3) die Hydrostatische Probe an.

Probe auf trocknem Wege. Der eigentlichen Probe auf trocknem Wege oder der Kupellation geht eine approximative Bestimmung des Feingehaltes der zu untersuchenden Probe voran, die darin besteht, dass man mit der Probe einen Strich auf den Probirstein (Basalt, Kieselschiefer) macht und eben so mit Probirnadeln, die aus Legirungen derselben Metalle verfertigt und ihrer Zusammensetzung nach bekannt sind. Aus der Aehnlichkeit der Farbe der Striche schliesst man auf die Aehnlichkeit der Legirung; hierbei ist jedoch der Umstand nicht ausser Acht zu lassen, dass die Oberfläche von Silberlegirungen durch Ansieden häufig silberreicher gemacht worden ist. Darauf schmilzt man die Legirung auf einer Kapelle (d. h. einem kleinen Gefäss, das aus $^3/_4$ ausgelaugter Asche von harten Hölzern und $^1/_4$ gebrannten Knochen angefertigt ist) mit Blei zusammen, und zwar mit einer um so grösseren Menge desselben, je geringerer der Silbergehalt ist. Zuerst macht man die Kapelle in einer

Muffel glühend, bringt dann das Blei hinein und wenn dieses geschmolzen ist, auch die Silberprobe. Kupfer und Blei oxydiren sich und ziehen sich in die poröse Masse der Kapelle. Wenn die Oberfläche des geschmolzenen Silbers oxydfrei erscheint, so ist die Kupellation beendigt. Nach dem Erkalten wird das Silberkorn gewogen und daraus der Feingehalt der Legirung berechnet. Man stellt stets zwei Proben an, die, wenn sie Gültigkeit haben sollen, bis auf $^1/_{1152}$ übereinstimmen müssen.

**Probe auf nassem Wege.** Die Probe auf nassem Wege oder die Titrirmethode wurde wegen der Ungenauigkeit der Kupellation auf Veranlassung der französischen Regierung von Gay-Lussac ausfindig gemacht. Sie ist leichter auszuführen und bis auf $^1/_{2000} = ^1/_{20}$ pCt. genau. Diese Methode beruht auf der Eigenschaft des Kochsalzes, das Silber aus seiner salpetersauren Lösung als Chlorsilber niederzuschlagen. Da man weiss, dass 5,4274 Grammen Kochsalz genau 1 Gramm Silber aus seiner Lösung fällen, so kann man bei Anwendung der bei der Chlorometrie (s. S. 80) beschriebenen Apparate (Fig. 84) einen Schluss auf den Feingehalt der aufgelösten Legirung ziehen.

**Hydrostatische Probe.** Für diejenigen Fälle, in welchen die Silberproben durch Kupellation und durch Titriren nicht zulässig sind, wie z. B. bei dem geprägten Gelde, sucht Karmarsch die hydrostatische Probe zu substituiren, nach welcher durch alleinige Bestimmung des specifischen Gewichtes einer Kupfer-Silberlegirung der Feingehalt angegeben wird. Da Kupfer und Silber beim Legiren sich ausdehnen, eine Legirung aber um so dichter wird, je mehr sie dem mechanischen Druck unterworfen war, so liegt darin eine Unsicherheit der Basis der hydrostatischen Silberprobe, welche die Probe nicht für gegossenes und wenig bearbeitetes Silber, sondern nur ausschliesslich für geprägtes Silber anwendbar macht. Bei geprägtem Silber weichen die berechneten Resultate von der Probe durch Kupellation selten mehr als 3 Grän, d. ist $^{10{,}4}/_{1000}$ ab. Die empirische Regel der Bestimmung des Silbers nach der hydrostatischen Methode ist folgende: Man subtrahirt von dem gefundenen specifischen Gewichte der Legirung die Zahl, 8,814, hängt dem Reste zwei Nullen an und dividirt diese Zahl die jetzt als Ganze gilt, durch 579. Der Quotient giebt den Feingehalt in Gränen an. Es sei z. B. das spec. Gewicht einer Legirung = 10,076, so ist der Feingehalt derselben = 216 Grän oder 12 Loth, denn:

Fig. 84.




$$10{,}076 - 8{,}814 = 1{,}251$$

und

$$\frac{125100}{579} = 216.$$

**Versilbern.** Das Ueberziehen von Metallen mit Silber oder das Versilbern kann geschehen 1) durch Plattiren, 2) durch

Feuer (Feuerversilberung), 3) auf kaltem, 4) auf nassem und 5) auf galvanischem Wege. Um Kupferblech mit einer Schicht von feinem Silber zu überziehen (Plattiren), bringt man auf die sorgfältig gereinigte Oberfläche des Kupfers eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, wodurch eine dünne Silberschicht entsteht. Auf diese Schicht bringt man eine Silberplatte, glüht beide und streckt sie dann unter Walzen, Kupferdraht lässt sich schon übersilbern, indem man auf denselben Silberblech legt und ihn dann heiss durch cannellirte Walzen gehen lässt. Das Versilbern im Feuer geschieht mit Hülfe eines Silberamalgams oder eines Gemenges von 1 Th. gefälltem Silber, 4 Th. Salmiak, 4 Th. Kochsalz, $^1/_4$ Th. Quecksilberchlorid, das man auf die sorgfältig gereinigte Oberfläche des Metalles aufreibt; aus dem Ueberzug von Silberamalgam wird das Quecksilber durch Ausglühen entfernt. Zum Versilbern der Knöpfe empfiehlt man einen Teig von 48 Th. Kochsalz, 48 Th. Zinkvitriol, 1 Th. Quecksilberchlorid und 2 Th. Chlorsilber. — Behufs der Versilberung auf kaltem Wege wird die gereinigte Oberfläche des zu versilbernden Metalles mit einem mit Wasser angefeuchteten Gemenge von gleichen Theilen Chlorsilber, Kochsalz, $^2/_3$ Kreide und 2 Th. Potasche mittelst eines Korkes angerieben, bis die gewünschte Silberfarbe zum Vorschein gekommen ist. Nach Prof. Stein soll man 1 Th. salpetersaures Silberoxyd mit 3 Th. Cyankalium zusammenreiben und so viel Wasser hinzusetzen, dass ein dicker Brei entsteht, welchen man mit einem wollenen Lappen rasch und gleichförmig aufreibt. Roseleur und Lavaux empfehlen zu gleichem Zwecke ein Bad aus 100 Th. schwefligsaurem Natron und 15 Th. irgend eines Silbersalzes. Thiede, Uhrmacher in Berlin, schlägt vor, die Uhrzifferblätter dadurch mit einer schönen, matten, weissen körnigen Silberschicht zu überziehen, dass man mittelst Kupfer gefälltes Silber, mit einem Gemenge von gleichen Theilen Kochsalz und Weinstein, mit den Fingern auf die Kupfer- und Bronzeplatten einreibt. Um Eisen zu versilbern, muss dasselbe erst mit einer Schicht Kupfer überzogen werden. Bei der auf nassem Wege bewirkten Versilberung oder dem Silbersud wird das zu versilbernde Metall in eine siedend heisse Lösung von gleichen Theilen Weinstein und Kochsalz mit $^1/_4$ Chlorsilber gebracht, bis die Versilberung hinreichend eingetreten ist. Von der galvanischen Versilberung, welche die jetzt allgemein gebräuchlichere ist, wird am Ende des Kapitels von den Metallen die Rede sein.

*durch Plattiren, durch Feuer, auf kaltem Wege, auf nassem Wege.*

*Schwarzfärben des Silbers.*

Das jetzt gebräuchliche Schwarzfärben von silbernen Gegenständen, das sogenannte Oxydiren oder Galvanisiren des Silbers wird entweder durch Schwefel oder durch Chlor bewirkt; ersterer giebt einen blauschwarzen, letzteres einen braunen Thon. Die Färbung durch Schwefel wird durch Eintauchen des Gegenstandes in Schwefelkaliumlösung, die durch Chlor durch Eintauchen in eine Lösung von Kupfervitriol und Salmiak hervorgebracht.

Salpetersaures Silberoxyd. Das salpetersaure Silberoxyd, Silbersalpeter oder Höllenstein wird aus kupferhaltigem Silber dargestellt, indem man dasselbe in Salpetersäure löst, die Lösung zur Trockne verdampft und den Rückstand bis zum vollständigen Zersetzen des salpetersauren Kupferoxydes erhitzt. Die zurückbleibende Masse wird mit Wasser ausgezogen, filtrirt und zum Krystallisiren abgedampft; die erhaltenen Krystalle werden geschmolzen und in Form von Stängelchen gebracht.

Zeichentinte. Man benutzt den Höllenstein zum Wegbeizen und zum Zeichnen der Wäsche. Eine dazu anwendbare Zeichentinte (unauslöschliche Tinte) besteht aus zwei verschiedenen Flüssigkeiten, wovon die eine, mit welcher man die zu beschreibende Stelle befeuchtet, aus kohlensaurem Natron und destillirtem Wasser, die andere, womit man schreibt, aus salpetersaurem Silberoxyd, arabischem Gummi, Saftgrün und destillirtem Wasser besteht.

## Die Lichtbilder.

Schon im 16. Jahrhundert war es bekannt, dass Chlorsilber (Hornsilber) sich am Lichte leicht schwärze, und man kennt ausführliche Vorschriften, um das Innere von Glasgefässen mit einem Brei von Chlorsilber und Kreide zu überziehen und darauf vor dem Lichte geschützt zu trocknen. Die Aussenseite der Gefässe wurde mit Figuren, Buchstaben etc., in schwarzem Papier ausgeschnitten, überklebt und das Gefäss darauf dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, wodurch die ganze überstrichene Fläche geschwärzt wurde, mit Ausnahme der beklebten Stellen. Wedgwood kam schon auf die Idee, diese Schwärzung des Chlorsilbers durch das Licht zu benutzen, um die Bilder der Camera obscura aufzunehmen. H. Davy stellte mit Hülfe des Sonnenmikroskopes Bilder kleinerer Gegenstände auf Chlorsilberpapier dar, die aber, wegen der dauernden Einwirkung des Lichtes auf das Chlorsilber, bald wieder verschwanden. Seit dem Jahre 1814 beschäftigte sich Niepce de St. Victor mit Versuchen, um die Eigenschaft gewisser Harze, durch den Einfluss des directen Sonnenlichtes in Alkohol fast unlöslich zu werden, zur Hervorbringung von Lichtbildern zu benutzen. Er überzog polirte Silber- und Kupferplatten mit einer dünnen Harzschicht, exponirte dieselben in der Camera obscura dem Lichte und entfernte dann durch Lösungsmittel das Harz an denjenigen Stellen, welche von dem Licht am wenigsten getroffen worden waren. Die blossgelegten Stellen der Silberplatte bildeten so stark spiegelnd die Schatten, während die mit Harz überzogenen Stellen dagegen die lichten Partien der Bilder der Camera obscura repräsentirten. Seit 1826 beschäftigte sich auch Daguerre mit Versuchen, die Bilder der Camera obscura zu fixiren, jedoch ohne ein genügendes Resultat zu erlangen. Zwischen ihm und Niepce trat bald eine Verbindung ein. Sie versuchten die Schatten ihrer Bilder, d. h. die freien Stellen ihrer Silber- oder Kupferplatten durch Einwirken-

lassen von Schwefelwasserstoffgas und Joddämpfen dunkler hervortreten zu lassen. Der Erfolg ihrer Versuche war, dass sie die Oberfläche einer Silberplatte durch Aussetzen von Joddämpfen mit einer Schicht von Jodsilber, demnach mit einem Körper überzogen, welcher durch die Einwirkung des Lichtes weit schneller zersetzt wurde als das Chlorsilber. Eine beiläufige Beobachtung über die Wirkung der Quecksilberdämpfe auf eine von der Sonne beschienene, mit Jodsilber überzogene Platte, führte zu der Entdeckung des Verfahrens, ein nach der Herausnahme aus der Camera obscura auf der Silberplatte noch nicht wahrnehmbares Bild deutlich hervortreten zu lassen. Diese erste photographische Methode wurde von den Erfindern Heliographie genannt. Daguerre verfolgt nach dem Tode von Niepce (1833) mit des Letzteren Sohn unablässig dasselbe Ziel und war endlich im Jahre 1839 so weit, der Pariser Akademie der Wissenschaften ein vollendetes Verfahren mittheilen zu können, nach welchem jedes Bild der Camera obscura binnen wenigen Minuten mit Schärfe und Genauigkeit auf einer polirten Silberplatte zu fixiren ist. Die nach dem Verfahren von Daguerre und Niepce hervorgebrachten Lichtbilder nennt man Daguerreotype und die Methode selbst die Daguerreotypie. Die überraschenden Erfolge der Daguerreotypie veranlassten den Engländer Talbot, auch sein Verfahren, Lichtbilder auf Papier darzustellen, bekannt zu machen. Talbot hatte namentlich vollkommene Abbildungen eines Kupferstiches erhalten, indem er denselben auf ein mit Chlorsilber überzogenes Papier legte und dem Sonnenlichte aussetzte; nur war in dem so erhaltenen Bilde die Vertheilung von Licht und Schatten gerade umgekehrt als im Original. Wurde nun dieses Bild genau so wie der Kupferstich behandelt, so lieferte die neue Copie ein positives, d. h. ein dem Original auch hinsichtlich des Schattens und Lichtes vollkommen gleiches Bild. Es gelang Talbot endlich auch, in der Gallussäure, welche indessen später durch die Pyrogallussäure und zum Theil auch durch die Oxyphensäure ersetzt wurde, ein Mittel zu finden, durch welches selbst nach sehr kurzer Bestrahlung eines empfindlichen Papieres das auf dessen Oberfläche nicht oder nur schwach sichtbare Bild zum Vorschein gebracht werden konnte.

Gegenwärtig wird fast allgemein das photographische Verfahren von Talbot Photographie (φῶς, Licht γράφειν, schreiben) genannt.

Wir beschreiben im Folgenden:

I. Die Daguerreotypie oder die Kunst der Herstellung von Lichtbildern auf polirten Silberplatten.
II. Die Photographie oder das Verfahren der Erzeugung von Lichtbildern auf Papier.
III. Die Photographie auf Glas.

## I. Daguerreotypie.

Der Process der Erzeugung der Lichtbilder auf polirten Silberplatten ist folgender: Eine polirte, silberplattirte Kupferplatte wird Dämpfen von

Jod ausgesetzt, dadurch bildet sich auf der Oberfläche der Platte eine dünne Schicht von Jodsilber, welche nach Massgabe ihrer Dicke und den Gesetzen der Farben dünner Schichten aller Nüancen von Blassgelb durch Rosa, Orange, Kupferroth, Violett, Stahlblau bis wieder zum Gelb durchmacht, wo dann eine zweite Reihe der Newton'schen Farben entsteht. Man setzt die Platte so lange Joddämpfen aus, bis sie eine orangengelbe, höchstens rosafarbige Nüance angenommen hat. Bringt man nun die Platte in die Camera obscura, so entsteht auf derselben nach kurzer Zeit ein noch unsichtbares Bild, indem durch das Licht das Jodsilber an den beleuchteten Stellen — wahrscheinlich zu einem Silbersubjodid $Ag_2J$ — reducirt wird. Das Bild tritt hervor, wenn man die Platte Quecksilberdämpfen aussetzt. Das Quecksilber reducirt das Silber aus denjenigen Stellen des Jodsilbers, welche stark vom Licht getroffen wurden und deshalb mit Silbersubjodid überzogen sind; dieses Silberpulver bildet einen weissen Staub, welcher solche Stellen der Bilder hell erscheinen lässt. Die von dem Lichte nicht getroffenen Stellen des Jodsilbers werden von den Quecksilberdämpfen nicht reducirt. Sobald das Bild die gehörige Kraft erreicht hat, wird das unzersetzte Jodsilber durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron entfernt.

| | | |
|---|---|---|
| Jodsilber $Ag\,J$<br>Unterschwefligsaures Natron<br>$S_2\,O_2,\ 2\,NaO$ | geben | Jodnatrium $NaJ$<br>Unterschwefligsaures Silberoxyd-Natron<br>$S_2\,O_2,\ NaO,\ AgO$. |

Einige Physiker sind der Ansicht, dass das Bild durch ein Silberamalgam hervorgebracht werde. In der That sieht man, wenn man ein Daguerreotyp unter dem Mikroskop betrachtet, die Silberplatte an den vom Lichte getroffenen Stellen mit äusserst kleinen Metallkügelchen von etwa $^1/_{800}$ Millimeter Durchmesser bedeckt, welche um so zahlreicher beisammenstehen, je heller die Lichter sind.

Der ganze Process der Erzeugung von Lichtbildern auf der polirten Fläche von Silber- oder silberplattirten Kupferplatten lässt sich in sechs wesentliche Operationen getheilt darstellen:

1) das Reinigen und Poliren der Platte;
2) die Jodirung der Platte oder die Erzeugung der empfindlichen Schicht;
3) das Einbringen der präparirten Platte in die Camera obscura;
4) das Hervorrufen des Bildes auf der impressionirten Platte durch Quecksilberdämpfe;
5) die Entfernung der unverändert gebliebenen Stellen des Jodsilberüberzuges;
6) die Vergoldung und Trocknung des Bildes auf der Platte.

Das Reinigen und Poliren der Platte.

Niepce wendet bei seinen Bildern ursprünglich Silberplatten an, an ihre Stelle setzte Daguerre später die bei weitem wohlfeileren, nur mit einer dünnen Silberschicht überzogenen, silberplattirten Platten. Um eine völlig reine und gleichförmige Schicht zu erhalten, werden gegenwärtig häufig galvanisch versilberte Kupferplatten angewendet.

Die polirte Kupferplatte muss nun auf das sorgfältigste gereinigt und

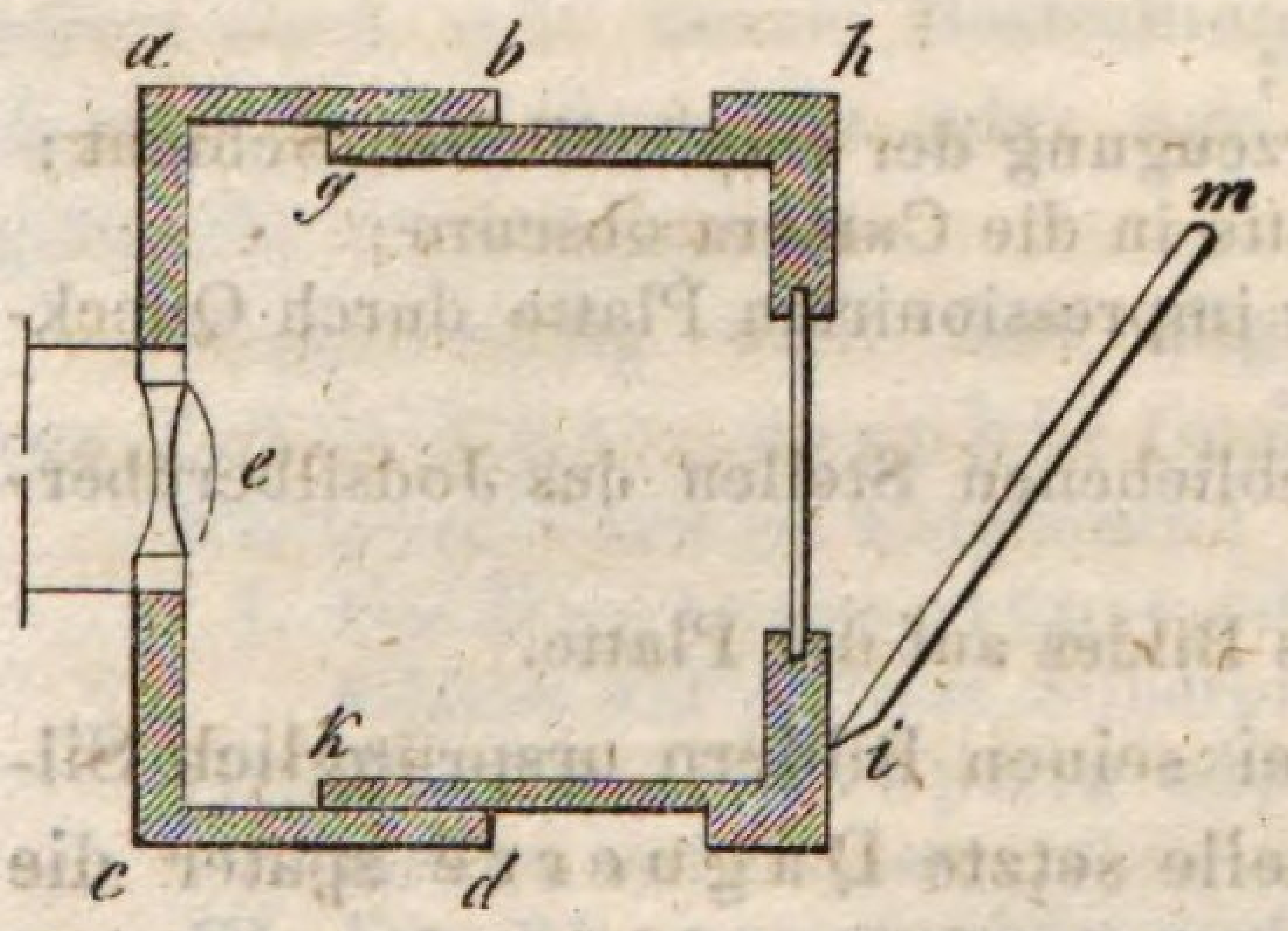
zuletzt auf das schönste polirt werden. Sie muss nach dem Poliren in solcher Richtung gesehen, in der man ein auf ihr befindliches Bild betrachten würde, dunkel erscheinen, darf beim Anhauchen keine Flecken zeigen, der darauf niedergeschlagene Wasserdampf muss gleichmässig und schnell verschwinden und das in ihr gespiegelte Bild eines Stück weissen Papieres eine weisse Farbe besitzen.

Die Erzeugung der empfindlichen Schicht.

Zur Herstellung der empfindlichen Schicht wendete Daguerre zuerst nur Jod an. Später suchte man durch Anwendung anderer Substanzen (sogenannte Beschleunigungsmittel) die Empfindlichkeit zu erhöhen. Als bestes Beschleunigungsmittel hat sich das Brom erwiesen, das entweder für sich oder als Bromkalk (unterbromigsaurer Kalk CaO, BrO) oder als Bromjod zur Anwendung kommt. Nächst dem Brom benutzt man als Beschleunigungsmittel das Chlorjod, sowie eine Verbindung von Chlorjod mit Brom. Das Jodiren der Platte geschieht auf folgende Weise: Man bringt auf den Boden eines porcellanenen Gefässes Jodpulver, legt darauf ein Stück Tuch, bedeckt das Gefäss mit einer mattgeschliffenen Glasplatte, in deren Mitte eine der Form der Platte entsprechende, jedoch etwas kleinere Oeffnung ausgeschnitten ist. Ueber diese Oeffnung legt man die Silberplatte und auf diese eine dicke Glasplatte. Man lässt das Jod so lange einwirken, bis die Platte eine goldgelbe Anlauffarbe zeigt. Es ist zum Gelingen des Processes durchaus nothwendig, dass die sich hierbei bildende Jodsilberschicht auf der Platte überall gleich dick wird.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass man Chloroform, Bromoform und Jodoform, chlorigsaures Gas, Ammoniakgas, Chlorschwefel u. s. w. als beschleunigende Mittel angewendet hat, unter denen namentlich der Chlorschwefel hervorzuheben ist, welcher nach Natterer die Eigenschaft besitzt, die Bilder unmittelbar nach der Exposition sichtbar zu machen, ohne dass die Platte erst den Quecksilberdämpfen ausgesetzt werden müsste.

Fig. 85.




Das Einbringen der präparirten Platte in die Camera obscura.

Die Camera obscura, in welche die präparirte Platte gebracht wird, hat folgende Einrichtung: Der das achromatisch zusammengesetzte Objectiv *e* (Fig. 85) enthaltende Einsatz ist vorn mit einer Blendung versehen, die beliebig geöffnet und geschlossen werden kann. Damit man die Platte in die gehörige Entfernung von der Linse bringen kann, besteht der Kasten der Camera aus zwei in einander verschiebbaren Theilen *a*, *b*, *c*, *d* und *g*, *h*, *i*, *k*; der hintere Theil ist so eingerichtet, dass der Rahmen, der zur Aufnahme des Bretes mit der Platte dient, in die Oeffnung *h i* passt. Vor dem Versuche wird in *h i* ein Rahmen mit einer mattgeschliffenen Glastafel eingesetzt; darauf wird *g*, *h*, *i*,

*k* so lange verschoben, bis das Bild auf der Glastafel die grösste Schärfe zeigt. In dem Rahmen befindet sich bei der gewöhnlichen Camera obscura ein Spiegel *im*, um das Bild bequemer beobachten zu können. Bei den zu photographischen Zwecken bestimmten Apparaten ist dieser Spiegel überflüssig. Ist der Brennpunkt richtig eingestellt und der Rahmen, in welchem die jodirte Platte befestigt ist, in den Falz der erwähnten Oeffnung eingeschoben, so zieht man den vor der Platte befindlichen Schieber zurück, entfernt den Deckel von der Objectivlinse, setzt ihn nach angemessener Bestrahlung wieder auf, schiebt den Schieber wieder vor die Platte und zieht den Rahmen aus dem Falze heraus. Die Dauer der Exposition ist von der Intensität der Beleuchtung abhängig und lässt sich nur durch die Erfahrung bestimmen. Eine Lichteinwirkung zur gehörigen Erzeugung eines Daguerreotypbildes von im Durchschnitt 5 — 10 Secunden ist die entsprechendste. Die Camera obscura zeigt das Bild umgekehrt, d. h. die rechte Seite links und die linke rechts. Um diesen Uebelstand, der besonders beim Aufnehmen von Personen und Gegenden störend sich bemerklich macht, zu beseitigen, befestigt man vor dem Objectiv der Camera einen unter 45° geneigten Spiegel, welcher eine Umkehrung des Bildes bewirkt, so dass dasselbe im Daguerreotype in der natürlichen Lage erscheint.

Das Hervorrufen des Bildes auf der impressionirten Platte durch Quecksilberdämpfe.

Nachdem die Platte die gehörige Zeit dem Lichte ausgesetzt war, so ist nach dem Entfernen aus der Camera obscura noch kein Bild auf ihr wahrzunehmen. Das Bild wird erst durch die Einwirkung von Quecksilberdämpfen auf die präparirte Fläche sichtbar. Diese Operation geschieht in einem viereckigen, hölzernen, von vier Füssen getragenen Kasten, dessen nach unten gewölbter Boden Quecksilber enthält. Das Quecksilber wird durch eine unterstellte Spiritus- oder Gaslampe auf ungefähr 70 — 80° erwärmt; der Deckel liegt gewöhnlich in einem Winkel von 45° auf dem Kasten. Je länger die Platte dem Sonnenlichte ausgesetzt war, um so schneller wird das Bild durch die Quecksilberdämpfe vollendet. Man erkennt die Beendigung der Einwirkung des Quecksilbers daran, dass das Bild klar und weiss erscheint, ohne dass die dunkelsten Schatten grau werden (Quecksilberschleier).

Entfernung der unverändert gebliebenen Stellen des Jodsilberüberzuges.

Nachdem die Platte aus dem Rahmen entfernt worden ist, muss der für das Licht noch empfindliche Jodsilberüberzug entfernt werden. Zu diesem Behufe taucht man die Platte in eine Lösung von 1 Theil unterschwefligsaurem Natron in 6 Theilen Wasser, welche man bis auf ungefähr 70° erwärmt. Von jetzt an braucht das Bild nicht mehr vor dem Licht geschützt zu werden.

Vergoldung der Platte.

Eine wichtige Verbesserung haben die Daguerreotypien noch durch die von F i z e a u eingeführte Vergoldung erhalten. Nachdem die Jodsilberschicht durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron entfernt und die Platte mit destillirtem Wasser abgewaschen worden ist, legt man sie horizontal auf einen Metallring, übergiesst sie mit dem Gold-

bade und erhitzt sie durch eine untergehaltene Spirituslampe, bis das Bild mit einer dunklen Schicht überzogen erscheint, worauf es mit destillirtem Wasser gewaschen und getrocknet wird.

Das Goldbad besteht aus einer Lösung von

1 Grm. Goldchlorid,
3 „ unterschwefligsauren Natrons in
1 Liter destillirten Wassers.

## II. Photographie.

Es ist bisher noch nicht gelungen, direct schöne positive Bilder herzustellen, sondern man ist genöthigt, zuerst negative Bilder zu erzeugen d. h. solche, auf denen die stärksten Lichter schwarz und undurchsichtig hervortreten, die dunkelsten Stellen dagegen weiss erscheinen. Erst vermittelst der negativen Bilder erhält man positive Bilder, auf welchen die Lichter hell und die Schatten dunkel erscheinen.

Das Verfahren bei der Erzeugung der Lichtbilder auf Papier zerfällt in folgende Operationen, nämlich in

1) die chemische Präparirung des Papiers;
2) das Einbringen des Papiers in die Camera obscura;
3) das Hervorrufen des negativen Bildes;
4) das Fixiren dieses Bildes;
5) das Durchsichtigmachen desselben;
6) das Hervorrufen des positiven Bildes;
7) das Fixiren des positiven Bildes.

Chemische Präparirung des Papiers.

Man wählt ein Papier von möglichst gleichförmigem Korne, welches kein Stärkmehl als Leim enthalten darf, und legt es, nachdem man ihm die der Camera obscura entsprechende Grösse gegeben hat, mit der glatten Seite (Filzseite) auf die Oberfläche einer Flüssigkeit, welche aus einer Auflösung von 1 Th. Jodkalium in 15 Th. destillirten Wassers und einigen Tropfen Cyankaliumlösung besteht, und lässt es darauf 1 bis $1^1/_2$ Minute schwimmen. Man nimmt das Papier sorgfältig von der Flüssigkeit, trocknet es zwischen Fliesspapier und bringt es dann mit der unteren noch feuchten Seite auf die Oberfläche einer Lösung von 1 Th. geschmolzenen salpetersauren Silberoxydes (Höllenstein) in 10 Th. destillirten Wassers und $^1/_2$ — 1 Th. Essigsäure und lässt es darauf wieder 1 bis $1^1/_2$ Minute schwimmen. Durch diese Operation überzieht sich das Papier mit einer gleichmässigen Schicht von kanariengelbem Jodsilber.

Einbringen des Papiers in die Camera obscura.

Das präparirte Papier zeigt sich im feuchten Zustande zur Aufnahme des Bildes in der Camera obscura am geeignetsten. Man bringt es mit der nassen Seite auf eine vollkommen reine Spiegelglastafel und schiebt letztere mit dem adhärirenden Papierblatte in die Camera obscura, ebenso wie es bei der Daguerreotypie angegeben worden ist. Die Expositionsdauer richtet sich nach der Stärke des zerstreuten Tageslichts und beträgt 10 — 30 Secunden. Sobald die hinlängliche Lichteinwirkung stattgefunden hat, wird das Objectiv der Camera

schnell bedeckt, der Schieber des Rahmens verschlossen und das darin befindliche Bild in ein dunkles Zimmer getragen.

Hervorrufen des negativen Bildes.

Auf dem präparirten Papiere befindet sich bereits das unsichtbare negative Bild. Man hat nun nach chemisch wirkenden Substanzen gesucht, welche auf die vom Lichte getroffenen Stellen der empfindlichen Schicht in der Art einwirken, dass sie dieselben entsprechend der Stärke der stattgefundenen Lichteinwirkung dunkel färben, während die nicht vom Licht getroffenen Stellen durch sie in keiner Beziehung eine Farbenveränderung erleiden. Eine solche Substanz, welche auf die vom Lichte bestrahlten Silberverbindungen in der angedeuteten Weise einwirkt, ist die Gallussäure, später entdeckte man, dass das schwefelsaure Eisenoxydul (Eisenvitriol), die Oxyphensäure $C_{12}H_6O_4$ und die Pyrogallussäure $C_{12}H_6O_6$ dieselbe Wirkung in noch höherem Grade zeigen. Die genannten Substanzen haben das Bestreben, mit grosser Begierde Sauerstoff aufzunehmen, wobei das Eisenvitriol in basisch schwefelsaures Eisenoxyd, die drei genannten organischen Säuren aber unter Kohlensäureentwickelung in schwarze Humussubstanzen übergehen. In gleicher Weise verhalten sich diese Substanzen gegen gewisse Jod-, Brom- und Chlorverbindungen, obgleich auch in diesen Fällen die Zersetzung auf eine Oxydation zurückzuführen ist. Lässt man nun auf die von dem Lichte getroffenen Stellen der empfindlichen Schicht z. B. eine wässerige Lösung von Gallussäure einwirken, so veranlasst die Gegenwart letzterer Säure eine Zersetzung des Jodsilbers, zugleich aber auch eine Zersetzung der Gallussäure selbst durch Oxydation. Das ausgeschiedene Jod zersetzt ein Aequivalent Wasser, dessen Wasserstoff sich mit dem Jod zu Jodwasserstoffsäure verbindet, während der Sauerstoff als Ozon auftritt und sofort die Gallussäure unter Zurücklassung von Humussubstanz oxydirt. Das Silber scheidet sich hierbei als dunkles glanzloses Pulver ab.

Fixiren des negativen Bildes.

Das aus der Gallussäure- oder Eisenvitriollösung genommene Bild wird mit destillirtem Wasser abgespült und darauf mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron in destillirtem Wasser übergossen und in diesem Bade so lange gelassen, bis das Bild in Folge der Auflösung des unzersetzten Jodsilbers in seinen hellen Partien nicht mehr gelb, sondern weiss erscheint. Hierauf entfernt man das Papier aus dem Bade, trocknet es oberflächlich zwischen zwei Blättern Fliesspapier, wäscht es mit Wasser aus und lässt es dann auf Fliesspapier in der Luft vollständig trocknen.

Anstatt des unterschwefligsauren Natrons hat man eine Lösung von Cyankalium oder Cyannatrium zum Fixiren des Bildes vorgeschlagen.

Durchsichtigmachen des negativen Bildes.

Das Durchsichtigmachen des negativen Bildes geschieht auf folgende Weise: Man schmilzt 3 Th. weisses Wachs und 2 Th. Unschlitt zusammen und giesst daraus eine kerzenförmige Stange. Eine Kupferplatte wird über der Spirituslampe so lange erhitzt, bis darauf gespritzte Wassertröpfchen abspringen; man entfernt nun die Platte von

der Flamme, legt sie auf einen Tisch, das negative Bild darauf und überfährt dasselbe mit der Wachsstange, bis das Bild überall reichlich mit Wachs durchzogen erscheint. Früher wurde das Durchsichtigmachen des Bildes auf die Weise ausgeführt, dass man dasselbe nach dem Trocknen mit dünn geschabtem weissen Wachse, Paraffin oder Wallrath überstreute, zwischen Briefpapier legte und sodann das Papier mit einem nicht zu heissen Plätteisen überging.

Hervorrufen des positiven Bildes. Zur Erzeugung des positiven Bildes sind drei verschiedene Flüssigkeiten erforderlich, nämlich

1) eine Lösung von
10 Grammen Kochsalz in
320 „ destillirten Wassers;

2) eine Lösung von
32 Grammen krystallisirten salpetersauren Silberoxydes in
320 „ destillirten Wassers;

3) eine Lösung von
32 Grammen unterschwefligsauren Natrons,
2 „ salpetersauren Silberoxydes in
336 „ destillirten Wassers;

man löst das salpetersaure Silberoxyd in 16 Grammen destillirten Wassers und giesst diese Lösung unter fortwährendem Umrühren in einem dünnen Strahle in die Lösung des unterschwefligsauren Natrons in 320 Grammen (20 Loth) destillirten Wassers.

Als Papier zu den positiven Bildern wählt man ein starkes, gleichförmiges gut geglättetes Velinpapier ohne Wasserzeichen aus. Die chemische Präparirung des Lichtes geschieht, indem man das Papierblatt zuerst auf der Kochsalzlösung $1^1/_2$ Minute lang schwimmen lässt, es zwischen Fliesspapier oberflächlich abtrocknet, darauf ungefähr zwei Minuten lang auf der Silberlösung schwimmen lässt, nachher in gleicher Weise wie vorher zwischen Fliesspapier trocknet, ferner beide Operationen in der nämlichen Ordnung wiederholt und endlich mit sorgfältiger Trocknung durch häufiges Ueberstreichen und Andrücken aufgelegten frischen Fliesspapieres schliesst.

Der zur Erzeugung des positiven Bildes angewendete Copirrahmen besteht in seiner einfachsten Form aus zwei Glasplatten, welche auf irgend eine Weise an einander gepresst werden. Bei directem Sonnenlichte dient eine Exposition von etwa 10 Minuten, im zerstreuten Tageslichte ist oft mehr als 1 Stunde Zeit nöthig. Je intensiver das negative Bild ist, desto länger muss die Exposition dauern.

Fixiren des positiven Bildes. Nach hinreichender Einwirkung des Lichtes entfernt man das Bild aus dem Copirrahmen und legt es in die erwähnte silberhaltige Lösung von unterschwefligsaurem Natron, lässt es darin $^1/_2$ bis eine Stunde, bis es nicht mehr an Intensität zunimmt, worauf es herausgenommen, zwischen Fliesspapier getrocknet, mit destillirtem Wasser sorgfältig ausgewaschen und endlich vollkommen getrocknet wird.

Der Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd zum unterschwefligsauren

hat den Zweck, die unangenehm rothbraune Nüance, welche positive Bilder gern zeigen, zu beseitigen und ein schönes Schwarz zu erzeugen.

## Photographie auf Glas.

Der Mangel an Gleichförmigkeit in der Masse des Papiers und die Rauhigkeit seiner Oberfläche veranlassten sehr bald nach dem Bekanntwerden der Photographie auf Papier Versuche, die genannten Uebelstände zu beseitigen; namentlich suchte man durch Ueberziehen des Papieres mit Eiweiss und anderen Substanzen eine glatte Oberfläche desselben herzustellen. Da bei Benutzung derartige Ueberzüge die Bilder hauptsächlich auf diesen Schichten sich erzeugten, so lag der Gedanke nicht fern, das in der That nur als Unterlage dienende Papier durch Glas zu ersetzen, wobei ausser dem Vortheil einer vollkommen glatten Fläche auch zu gleicher Zeit die für das Copiren des negativen Bildes wichtige Durchsichtigkeit erzielt wurde. Bilder auf dünnen Ueberzügen von Glasplatten nennt man Glasbilder, obgleich das Glas nur als Träger der sehr dünnen und durchsichtigen Schicht einer anderen Substanz dient. Unter den zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Substanzen sind Stärkekleister, Leim, Eiweiss und Collodium zu erwähnen, unter denen nur das letztere allgemeine Anwendung gefunden hat.

Collodiumbilder. Die grossen Fortschritte, welche die Photographie in dem letzten Jahrzehnd gemacht hat, datiren sich von der Einführung des Collodiums zur Anfertigung negativer Bilder. Die Anwendung von Eiweiss liess zwar hinsichtlich der Feinheit und Zartheit des Bildes nichts zu wünschen übrig, aber die lange Zeit, welche für die Exposition erfordert wurde, beschränkte die Anwendung dieser Methode auf die Darstellung von Landschaften und architektonischen Gegenständen.

Die Herstellung der Collodiumbilder zerfällt in vier Operationen nämlich in

1) die Bereitung des Collodiums,
2) die Auftragung des Bildes auf die Platte,
3) die Entwicklung des Bildes,
4) die Fixirung desselben.

Bereitung des Collodiums. Das Collodium wird durch Auflösen von Schiessbaumwolle in Aether bereitet. Man taucht die lufttrockne Schiessbaumwolle in starken Alkohol, welcher ihr das noch vorhandene Wasser kräftig entzieht; sobald sie aus dem Alkohol entfernt ist, bringt man sie sofort in eine Mischung aus 10 Th. Aether und 6 Th. Alkohol, in welcher sie sich vollständig löst. Man giesst das rohe Collodium in ein Glas von etwa 200 Grammen Capacität, welches

2,65 Gramme Jodammonium,
0,1 „ Fluorkalium und
4—5 Tropfen destillirtes Wasser

enthält. Nachdem man die Mischung wiederholt geschüttelt hat, lässt man sie stehen, bis sie klar und durchsichtig geworden ist; sie hat dann eine blassgelbe Farbe angenommen.

Nach den Versuchen von v. Babo ist Hauptbedingung des Gelingens absolute Neutralität derjenigen Präparate, welche die Jodsilberschicht hervorbringen sollen, so wie die Abwesenheit jedes reducirenden Körpers in dem Collodium. Setzt man zu letzterem Aldehyd, schweflige Säure, Pyrogallussäure, Ameisensäure, Eisenoxydul etc., so wird die Einwirkung des Lichts sehr beeinträchtigt, wo nicht aufgehoben. Daraus erklärt sich, warum älteres Collodium seine Empfindlichkeit verliert, da durch den oxydirenden Einfluss des freiwerdenden Jods Aldehyd sich bildet. Es geht daraus ferner hervor, dass zur Bereitung des Collodiums nur ein frisch über Aetzkali destillirter Alkohol und Aether verwendet werden darf, wenn der höhere Grad der Empfindlichkeit erreicht werden soll. Das Collodium darf ferner keine jodsauren Salze enthalten, da deren Gegenwart die Einwirkung eines schwachen Lichts fast gänzlich hemmt. Ein diesen Anforderungen entsprechendes Collodium wird bei Anwendung von Teträthylammoniumjodür $N(C_4H_5)_4J$ anstatt des Jodkaliums nach folgender Vorschrift erhalten:

| | | |
|---|---|---|
| 0,5—1 | Th. | Teträthylammoniumjodür, |
| 1 | Th. | Schiessbaumwolle, |
| 30—40 | „ | Alkohol von 80 %, |
| 50—60 | „ | Aether. |

Das zu verwendende Teträthylammoniumjodür wird in möglichst wenig wässerigem Weingeist von 50 pCt. aufgelöst, mit Silberpulver etwa 24 Stunden digerirt, um alles freie Jod hinwegzunehmen, und dann dem vorher bereiteten Collodium zugesetzt.

Auftragung des Bildes auf die Platte.

Das jodirte Collodium wird vorräthig in einem Fläschchen aufbewahrt, das gegen Staub und das Verdunsten des Aethers geschützt ist, und daraus so viel auf die vollkommen horizontal liegende Platte gegossen, als die Grösse derselben erfordert. Durch Neigen derselben befördert man das Auseinanderfliessen des Collodiums, bis die ganze Platte mit einer Schicht überzogen ist, von welcher man den Ueberschuss über eine Ecke ablaufen lässt. Die übergossene Platte trocknet fast augenblicklich, man darf sie aber nicht ganz trocknen lassen, sondern nur so weit, dass, wenn mit dem Finger eine Ecke berührt wird, er dort einen klebrigen Abdruck hinterlässt. Sobald die Platte dieses Maass der Consistenz erlangt hat, taucht man dieselbe in die Silberlösung, die sich in einem Trog von Porcellan oder Glas befindet. Die Oberfläche der Platte wird nicht sofort benetzt; es gehört eine gewisse Zeit dazu, dass der Aether sich mit dem Wasser vermischt; man lässt demnach die Platte wenigstens eine halbe Minute im Bade. Sobald die Glasplatte mit einer gelblich weissen, opalartig durchsichtigen Schicht überzogen erscheint, entfernt man sie aus dem Bade und bringt sie sofort in den Rahmen der Camera obscura.

Entwickelung des Bildes.

Die Zeit der Exposition wechselt nach der Beleuchtung zwischen 1 und 18 bis 20 Secunden. Nachdem im Dunkeln die impres-

sionirte Platte aus dem Rahmen genommen worden ist, behandelt man sie mit der Entwickelungsflüssigkeit.

von Babo giebt folgender Mischung den Vorzug:

| | |
|---|---|
| Wasser | 100 Th. |
| Alkohol | 20 „ |
| Essigsäure des Handels | 30 „ |
| Pyrogallussäure | 1 „ |

Das Bild kommt augenblicklich zum Vorschein; sehr schwache Bilder kann man dadurch kräftigen, dass man sie mit Cyankalium fixirt und sorgfältig mit destillirtem Wasser wäscht, darauf mit Quecksilberoxydlösung (welche $^1/_{20}$ Quecksilberchlorid enthält) übergiesst und stehen lässt, bis alle Lichter weiss geworden sind; man entfernt jede Spur von Quecksilberchloridlösung durch Waschen und übergiesst das Bild mit verdünntem Ammoniak. Das durch die vorige Behandlung enstandene Quecksilberchlorür wird hierdurch in Quecksilberoxydul verwandelt und das Bild erscheint tiefer.

Fixiren des Bildes. Sobald das Bild gehörig entwickelt ist, was nach etwa zwei Minuten der Fall ist, wäscht man es mit Wasser und fixirt es sodann, indem man über das Bild eine gesättigte Lösung von unterschwefligsaurem Natron giesst oder auch Cyankalium anwendet. Je schneller das Jodsilber entfernt wird, desto klarer wird das Bild. Pohl empfiehlt eine Lösung von Schwefelammonium, welche überschüssigen Schwefel gelöst enthält, um den braunen Ton des Bildes durch Bildung von Schwefelsilber in Schwarz zu verwandeln.

Jetzt ist die Platte zur Anfertigung positiver Bilder fertig. Diese Bilder werden auf die gewöhnliche Art gemacht und besitzen fast vollständig die Schärfe des negativen Bildes. Zu besonderen Zwecken wie z. B. zur Ausführung von Nebelbildern kann man auch die positiven Bilder wieder auf Glas hervorbringen.

## Phototypie.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der Lichtbilder wurden zahlreiche Versuche angestellt, die Bilder durch den Druck zu vervielfältigen, entweder dadurch, dass man das Lichtbild selbst mit Schwärze versah und abdruckte oder von ihm auf galvanischem Wege Abdrücke zu gewinnen suchte. Diese Versuche konnten zu keinem, in der Praxis anwendbaren Verfahren führen, weil die Oberflächenveränderung, durch die das Bild erzeugt wird, auf alle Fälle eine viel zu schwache ist. Ein weit günstigeres Resultat erhielt man, als man die Photographie für Lithographie und Stahl- und Kupferstich anzuwenden suchte. Dies war zu erreichen entweder dadurch, dass man auf den mit passenden Ueberzügen versehenen Steinen oder Metallplatten Bilder erzeugte, welche vom Künstler nur als Vorzeichnungen benutzt wurden, um sie entweder mit lithographischer Tinte nachzuzeichnen oder mit der Nadel und dem Grabstichel weiter

auszuführen, oder zweitens so, dass das blosse Aetzen zur Vollendung der Platten hinreicht.

Das Wesentliche des zweiten Verfahrens der Phototypie besteht darin, Asphalt in Aether, Benzol oder einem anderen ätherischen Oele zu lösen, diese Auflösung auf den lithographischen Stein oder die Metallplatte zu giessen, welche nach dem Trocknen zum Aufnehmen der Bilder in der Camera dient. Das Asphalt hat bekanntlich die Eigenschaft, durch das Licht unlöslich zu werden. Wenn man daher die Platte nach der Exposition mit einem ätherischen Oele übergiesst, so werden sich die beschatteten Stellen lösen, während der Asphaltfirniss auf den belichteten Stellen haften bleibt. Auf dem Steine wird das Bild nach dem gewöhnlichen lithographischen Verfahren weiter behandelt; auf Metallplatten wird geätzt, nachdem man der Platte, wenn es erforderlich schien, durch Harzstaub das sogenannte Aquatintakorn gegeben hat.

Niepce fand, dass der heliographische Firniss bedeutend an Empfindlichkeit gewinnt, wenn man ihn mehrere Stunden lang der Luft und dem Sonnenlichte aussetzt.

Der Firniss hat folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Benzol | 90 Gramme |
| Citronenöl | 10 „ |
| Asphalt | 2 „ |

Dieser Firniss zeichnet sich durch Dünnflüssigkeit aus, lässt sich in sehr dünner gleichmässiger Schicht auftragen und trocknet leicht.

## Das Gold.

Gold. Vorkommen und Gewinnung desselben.

Das Gold findet sich fast nur gediegen und zwar als Berggold auf seiner ursprünglichen Lagerstätte, nicht auf Gängen, seltener auf Lagern, vorzüglich in Gesellschaft von Quarz, Schwefelkies und Brauneisenstein; als Waschgold (Goldsand) in Körnern, Blättchen und abgerundeten Stücken im Sande der Flüsse und im Seifengebirge, dem von Flüssen aufgeschwemmten lockeren Lande, dessen Hauptmasse aus Thon- und Quarzsand besteht, zwischen welchen Glimmerblättchen, Gerölle von Syenit, Chloritschiefer, Körner von Chromeisen und Magneteisen, Spinell, Granat u. s. w. sich befinden. Im gediegenen Zustande enthält es stets mehr oder weniger Silber; dass die Legirung des Goldes mit dem Silber aus bestimmten Verhältnissen beider bestehe, wie vielfach behauptet worden ist, erscheint wegen des Isomorphismus dieser Metalle nicht wahrscheinlich. Die natürlich vorkommenden Goldverbindungen sind folgende:

Elektrum (Goldsilber) = Au, Ag,
Palladgold (Faules Gold) = Au, Pd, Ag.
Rhodiumgold von Mexico = Au, Rh.
Schrifterz (Tellursilbergold) = $Ag, Te + Au_2 Te_4$.

Sylvanerz (Tellursilberblei) + (Ag, Pb, Te, Sb) = $Au_2$ (Te $Sb_3$).
Blättererz (Tellurblei) = Pb, Au, Te, Sb, S.

Ausserdem trifft man das Gold häufig im gediegenen Tellur und Tellursilber, zuweilen im Rothgiltigerz, ferner im Schwefelkies, Kupferkies, im Grauspiessglanzerz, in der Zinkblende und dem Arsenikkies. Afrika, Ungarn, der Ural, Australien und Amerika (Mexico, Brasilien, Peru, Californien, Columbien etc.) liefern die grösste Menge des Goldes.

Gewinnung des Goldes aus dem Goldsande durch Waschen.

Die Gewinnung des Goldes richtet sich nach der Art des Vorkommens. Die grösste Menge des circulirenden Goldes wird aus dem Goldsande oder verwitterten goldhaltigen Felsarten durch Auswaschen des Waschgoldes gewonnen. Man nimmt das Waschen häufig in hölzernen Näpfen oder in Kürbisschalen vor, die mit dem goldhaltigen Sand angefüllt sind; man schüttelt diesen Sand so lange mit Wasser, bis die grösste Menge fortgewaschen ist. In anderen Districten geschieht das Waschen auf schiefgestellten Tafeln, Wasch- oder Schlämmherden. Das so erhaltene Gold ist nicht rein, sondern mit Körnern von Titaneisen, Magneteisen u. s. w. vermischt. Die Ausziehung des Goldes aus dem Goldsande durch Quecksilber wird in sogenannten Quick- oder Goldmühlen vorgenommen, in welchen der durch Wasser aufgeschwämmte Sand in vielfache Berührung mit dem Quecksilber kommt. Das erhaltene Goldquecksilber wird durch Pressen in Beuteln von Leder, Barchent oder Zwillich vom überschüssigen Quecksilber befreit und das zurückbleibende Amalgam in eisernen Retorten oder Glockenöfen geglüht.

durch Quecksilber,

durch Verschmelzen,

Am vollständigsten wird das Gold aus dem Goldsande durch Ausschmelzen gewonnen, wobei man 25 — 30 Mal mehr Gold als durch Verwaschen gewinnt. Man verschmilzt den Goldsand in Eisenhohöfen mit Flussmitteln auf goldhaltiges Roheisen und scheidet daraus das Gold mittelst Schwefelsäure ab.

aus eingesprengtem Golde.

Befindet sich Gold eingesprengt in Kupfer- und Bleierzen, so behandelt man diese Erze auf gewöhnliche Weise, d. h. man röstet sie und wäscht sie aus. Bei goldreichen Erzen wendet man die Amalgamation an. In anderen Fällen wendet man die Eintränkungsarbeit an, welche darin besteht, dass man die goldhaltigen Schwefelmetalle röstet und schmilzt. Den erhaltenen Rohstein, in welchem sich das Gold angesammelt befindet, röstet man abermals, schmilzt ihn nach dem Rösten mit Bleiglätte zusammen, welche das in dem Rohstein enthaltene Gold in sich aufnimmt und von letzterem durch Abtreiben (s. S. 322) geschieden wird.

Extraction des Goldes aus armen guldischen Erzen.

Bei der Extraction armer güldischer Erze, z. B. der Arsenikabbrände von Reichenstein, hat man die Behandlung derselben mit Chlorwasser oder einer angesäuerten Chlorkalklösung in Anwendung gebracht. Das Gold löst sich in dem Chlorwasser zu Goldchlorid ($AuCl_3$) auf, und wird aus der Lösung durch Eisenvitriol niedergeschlagen.

Diese Methode, von Plattner ermittelt und von Th. Richter und Duflos geprüft, dürfte manche bisher gebräuchliche Extractionsmethoden des Goldes zu verdrängen im Stande sein. Nach Allain kann man aus Kiesen, welche zuvor geröstet und durch Behandlung mit Schwefelsäure von Eisen, Zink, Kupfer etc. befreit worden sind, mittelst Chlorwasser noch $^1/_{10,000}$ Gold extrahiren.

Goldscheidung. Das nach vorstehenden Methoden erhaltene Gold enthält kleine Beimischungen von anderen Metallen und stets Silber. Um das Gold von diesen Beimischungen zu scheiden, wendet man folgende Methoden an:

1) die Goldscheidung durch Schwefelantimon ($Sb\ S_3$);
2) die Goldscheidung durch Schwefel;
3) die Goldscheidung durch Cementation;
4) die Scheidung in die Quart (Quartation);
5) die Goldscheidung durch Schwefelsäure (Affinirung).

Da die letztere Methode der Goldscheidung alle übrigen verdrängt hat, so wird es hinreichend sein, die vier ersten nur kurz zu erwähnen.

Durch Schwefelantimon. 1) Die Goldscheidung durch Schwefelantimon oder das Giessen des Goldes durch Spiessglanz geht vor sich, indem man die Goldlegirung (Gold, Silber, Kupfer u. a.) in einem Graphittiegel bis zum Schmelzen erhitzt und dann gepulvertes Schwefelantimon einträgt. Die geschmolzene Masse wird in ein mit Oel ausgestrichenes gusseisernes Gefäss gegossen. Nach dem Erkalten findet man die Masse in zwei Schichten gesondert, von denen die obere, das Plachmal (Plagma) aus Schwefelsilber, Schwefelkupfer und Schwefelantimon besteht. Durch Wiederholung dieses Processes wird das Plachmal von noch beigemengtem Golde, der untere Regulus von Antimon und anderen beigemengten Metallen befreit. Das Gold wird vom Antimon durch Erhitzen der Legirung unter der Muffel oder von dem Gebläse, wobei das Antimon wegraucht, getrennt, und das zurückbleibende Gold mit Borax, Salpeter und Glaspulver zusammengeschmolzen.

Durch Schwefel. 2) Bei der Goldscheidung durch Schwefel (Scheidung durch Guss und Fluss, Pfannenschmied'scher Process) wird die goldhaltige Legirung mit $^1/_7$ Schwefelpulver gemischt in einen glühenden Kohlentiegel eingetragen und mit Kohlenpulver bedeckt. Der Tiegel wird 2 — $2^1/_2$ Stunden in einer schwachen Glühhitze erhalten und dann bis zum Schmelzen erhitzt. Hierbei verbindet sich der Schwefel mit dem Silber und Kupfer, während das Gold aus mangelnder Verwandtschaft zum Schwefel regulinisch abgeschieden wird. Das ausgeschiedene Gold ist aber stets sehr silberhaltig, weshalb die Goldscheidung durch Schwefel vielmehr eine Concentrationsarbeit, eine Vorbereitungsarbeit für die Scheidung auf nassem Wege ist.

Durch Aufstreuen von Bleiglätte auf die geschmolzene Masse ensteht unter Bildung von Schwefelblei metallisches Silber, welches zu Boden sinkt und dabei das Gold aufnimmt.

Durch Cementation. 3) Bei der Goldscheidung durch Cementation wird die goldhaltige Legirung in feinen Granalien oder in Gestalt dünner Bleche mit Cementpulver (aus 4 Th. Ziegelmehl, 1 Th. Kochsalz und 1 Th. geglühtem Eisenvitriol bestehend) in einem Tiegel (der Cementirbüchse) geschichtet und derselbe einer allmälig gesteigerten, mehrstündigen Hitze ausgesetzt. Durch Einwirkung des Eisenvitriols auf Kochsalz entwickelt sich Chlor, welches das Silber in Chlorsilber umwandelt. Das Chlorsilber wird von dem Ziegelmehl aufgesogen. Nach dem Erkalten kocht man die Masse mit Wasser aus, um die Goldgranalien und Bleche zu gewinnen.

Scheidung in die Quart. 4) Die Scheidung auf nassem Wege oder die Scheidung in die Quart oder die Quartation hat davon ihren Namen, dass man früher annahm, dass, wenn man die Scheidung des Goldes vom Silber auf nassem Wege vornehmen wolle, der Silbergehalt das Dreifache des Goldgehaltes betragen müsse. Pettenkofer's Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die doppelte Menge von Silber hinreichend sei, um durch gehörig concentrirte Salpetersäure, durch hinreichendes Kochen aus einer Legirung von Gold und Silber aufzulösen. Man schmilzt bei dieser Scheidung die Legirung mit der erforderlichen Menge Silber zusammen, granulirt das Metallgemisch und übergiesst es in einem Platinkessel mit vollkommen chlorfreier Salpetersäure von 1,320 spec. Gewichte. Silber wird gelöst, während Gold zurückbleibt. Das Gold wird in einem Tiegel mit Borax und Salpeter umgeschmolzen.

Goldscheidung durch Schwefelsäure. 5) Die Goldscheidung durch Schwefelsäure oder die Affinirung ist schon in der Kürze bei dem Kupfervitriol (siehe Seite 268) angegeben worden. Sie empfiehlt sich vor der Quartation mittelst Salpetersäure durch grössere Einfachheit, Wohlfeilheit und durch den Umstand, dass man mit Hülfe dieser Methode Legirungen von fast jedem Goldgehalte scheiden kann.

Um sie auszuführen, darf die Legirung nicht über 20 pCt. Gold und 10 pCt. Kupfer enthalten. Am vortheilhaftesten soll nach den Erfahrungen von Prof. Pettenkofer die Scheidung bei einer Legirung vor sich gehen, die in 16 Th. nicht viel mehr als 4 und nicht viel weniger als 3 Th. Gold, das übrige Silber und Kupfer enthält. Meist wird die Legirung in Form von Granalien angewendet. Zur Auflösung dienten früher Platingefässe, jetzt wendet man allgemein gusseiserne Kessel oder Porcellangefässe an. Die zur Scheidung angewendete Schwefelsäure muss ein spec. Gewicht von 1,848 haben. Man übergiesst in dem Gefässe 1 Aequiv. der Legirung mit 2 Aequiv. an Schwefelsäure und erhitzt, bis nach 12 Stunden die Lösung des Silbers und des Kupfers vollständig vor sich gegangen ist. Die während dieser Operation sich entwickelnden Dämpfe von Schwefelsäure und schwefliger Säure werden entweder in eine Esse abgeleitet oder besser noch, wie von Poizat bei Paris zur Fabrikation von Schwefelsäure oder auch zur Herstellung von Antichlor verwen-

det. Wenn alles Silber in schwefelsaures Salz umgewandelt worden ist, wird die Lösung in eine Bleipfanne abgegossen, der darin zu einem Krystallbrei erstarrte Silbervitriol wird mit eisernen Spaten ausgestochen und in bleierne, mit heissem Wasser gefüllte Fällpfannen gethan (1 Th. Silbervitriol löst sich in 88 Th. siedendem Wasser). Das Ausfällen des Silbers geschieht durch Kupferblechstreifen. Die enstehende Lösung von Kupfervitriol wird, nachdem die freie Schwefelsäure durch Kupferoxyd neutralisirt worden ist, auf Kupfervitriol verarbeitet. Das ungelöst zurückbleibende Gold wird durch Kochen mit kohlensaurem Natron und Behandlung mit Salpetersäure von beigemengtem Eisenoxyd, Schwefelkupfer, schwefelsaurem Bleioxyd befreit, getrocknet und mit etwas Salpeter umgeschmolzen. Die Anwendung dieser Scheidungsart hat es möglich gemacht, kupferhaltiges Silber mit einem Goldgehalte von $^1/_{12}$—$^1/_{10}$ pCt. den man in allen älteren Silbermünzen findet, zu affiniren. Nach Pettenkofer's Untersuchungen enthält das auf diese Weise erhaltene Gold noch etwas Silber und Platin (97,0 Th. Gold, 2,8 Th. Silber und 0,2 Th. Platin), von welchen Metallen es durch Umschmelzen mit Salpeter und zweifach schwefelsaurem Natron befreit wird.

Chemisch reines Gold.

Um chemisch reines Gold zu erhalten, löst man Gold in Königswasser auf, dampft die Lösung zur Trockne, löst das zurückbleibende Goldchlorid in Wasser und fällt das Gold daraus durch Eisenvitriollösung:

| | | |
|---|---|---|
| Goldchlorid Au $Cl_3$<br>Eisenvitriol FeO, $SO_3$ | geben | Gold Au<br>Schwefelsaures Eisenoxyd 2 $Fe_2$ $O_3$, 3 $SO_3$<br>Eisenchlorid $Fe_2$ $Cl_3$ |

Nach Jackson erhält man das Gold in Gestalt eines gelben Schwammes, wenn man zu concentrirter Goldchloridlösung kohlensaures Kali und eine ziemliche Menge krystallisirter Oxalsäure setzt und die Lösung rasch bis zum Sieden erhitzt:

| | | |
|---|---|---|
| Goldchlorid $Au_2$ $Cl_3$<br>Oxalsäure 3 $C_2$ $O_3$, HO | geben | Gold Au<br>Salzsäure 3 Cl H<br>Kohlensäure 6 $CO_2$ |

Man wendet zum Fällen des Goldes zuweilen auch Antimonchlorür oder Arsenchlorür an.

Das so erhaltene Gold wird in einem Graphittiegel unter einer Boraxdecke umgeschmolzen.

Eigenschaften des Goldes.

Das reine Gold ist von schön gelber Farbe und grosser Politurfähigkeit; das spec. Gewicht des geschmiedeten ist 19,6, das des gegossenen 19,2. Es ist unter allen Metallen das dehnbarste und geschmeidigste; das dünnste Blattgold hat nur eine Dicke von $^1/_{25000}$ Linie. In dünneren Blättchen ist es mit grüner Farbe durchscheinend. Es schmilzt bei 1120°, dehnt sich beim Schmelzen stark aus und zieht sich beim Erkalten wieder stark zusammen; es eignet sich deshalb nicht zu Gusswaaren

Da es sich in feuchter Luft unverändert erhält, so benutzt man es häufig, um andere Gegenstände damit zu überziehen. Sein häufigstes Auflösungsmittel ist das Chlor in Gestalt von Königswasser.

Legirungen des Goldes. Feines Gold wird seiner Weichheit wegen nicht verarbeitet; es wird nur zum Blattgold und zum Malen auf Glas oder Porcellan angewendet. Das verarbeitete Gold ist stets mit Kupfer oder mit Silber legirt, ein solches Gemisch ist weit härter als feines Gold. Man berechnet die Goldlegirungen nach Karat und Grän; man theilt die Mark = $^1/_2$ Pfund in 24 Karate, den Karat in 12 Grän. Unter 18karätigem Golde versteht man solches, das auf die Mark 18 Karat Gold und 6 Karat Kupfer oder Silber enthält. Die Kupferlegirung wird die rothe Karatirung, die Silberlegirung die weisse Karatirung genannt; eine Legirung mit beiden Metallen heisst gemischte Karatirung. Diese verschiedenen Legirungen werden behufs der Verarl eitung zu Goldarbeiten, nach gesetzlichen Bestimmungen dargestellt. So verarbeitet man in Frankreich 18,20 und 22karätiges, in Deutschland 8,14 und 18karätiges Gold. Zu leichteren Waaren verarbeitet man oft auch 6karätiges (Joujou-Gold), oder noch schlechteres, wobei dem äusseren Ansehen durch Vergoldung nachgeholfen werden muss. Die österreichischen Ducaten haben einen Feingehalt von 23 Karat 9 Grän, die holländischen von 23 Karat 6—6,9 Grän, die Sovereignes 22 Karat, die preussischen Friedrichsd'or 21$^2/_3$ Karat, die Napoleond'or 21 Karat 7$^1/_5$ Grän. Nach dem Wiener Münzvertrage vom 24. Januar 1857 werden in allen deutschen und österreichischen Staaten Vereinshandelsmünzen in Gold unter der Benennung Krone und Halbe Korne ausgeprägt und zwar 1) die Krone zu 10 Gramm Feingold, 2) die Halbe Krone zu 5 Gramm Feingold. Das Mischungsverhältniss dieser Goldmünze ist

Gold 900
Kupfer 100

Es werden demnach 45 Kronen und 90 Halbe Kronen ein Pfund (=500 Gramm) wiegen.

Färben des Goldes. Alle Goldlegirungen zeigen nach dem Poliren eine Farbe, welche von der des reinen Goldes verschieden ist; sie erscheinen röthlichweiss oder blassgelb. Um diesen Legirungen nun die hochgoldgelbe Farbe des Goldes zu ertheilen, pflegt man sie durch Kochen in einer Flüssigkeit (Goldfarbe), aus Kochsalz, Salpeter und Salzsäure bestehend, zu färben. Die Wirkung der Goldfarbe beruht auf ihrer Eigenschaft, durch das aus ihr sich entwickelnde Chlor aus dem vergoldeten Gegenstand etwas Gold aufzulösen und es sodann als ein dünnes Häutchen reinen Goldes auf der Oberfläche wieder abzusetzen. Der Zweck des Färbens kann eben so gut durch eine schwache galvanische Vergoldung erreicht werden.

Goldprobe. Um den Feingehalt einer Goldlegirung zu ermitteln, bedienen sich die Goldarbeiter des Probirsteines (siehe Seite 336), und be-

handeln den Strich mit verdünntem Königswasser, um aus dem Verschwinden oder Unverändertbleiben einen Schluss auf den Goldgehalt zu ziehen. Wie sich von selbst versteht, kann diese Methode nur annähernde Resultate geben. — Am besten nimmt man die Goldprobe durch Kupellation vor. Zu diesem Zwecke schmilzt man das goldhaltige Korn, je nach seiner Farbe, mit dem dreifachen, doppelten oder gleichen Gewichte an Silber und mit ungefähr der zehnfachen Menge an Blei zusammen. Nach dem Abtreiben plattet man das silberhaltige Korn aus und digerirt das Blech mit Salpetersäure, das zurückbleibende Gold wird ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen.

Technische Anwendung des Goldes. Man wendet das Gold bekanntlich an zu Geräthen, Schmucksachen, zu Münzen und zum Ueberziehen metallener Gegenstände mit Gold (Vergoldung); die Benutzung desselben in der Porcellan- und Glasmalerei wurde schon erwähnt.

Vergolden. Das Vergolden geschieht entweder durch Blattgold, auf kaltem Wege, auf nassem Wege, durch die Feuervergoldung oder auf galvanischem Wege.

Vergolden durch Blattgold. Mit Blattgold (geschlagenem Gold) vergoldet man Holz, Stein und dergl. Das zu diesem Zwecke angewendete Blattgold wird dargestellt, indem man feines Gold zuerst in Stangen (Zaine) ausgiesst, diese dann zu Platten ausschlägt und durch Walzen in Bleche verwandelt. Zwanzig Dukaten geben Goldblech von 50 Fuss Länge und 1 Zoll Breite, welche man in Stückchen (Quartiere) von 1 Zoll Länge schneidet. Diese Bleche werden zuerst zwischen Pergamentblättern (Pergamentform), darauf zwischen Goldschlägerhäutchen, der äusseren feinen Haut vom Blinddarme des Rindes (Hautform) geschlagen. Die fertigen Goldblättchen werden in kleine Büschel aus sehr glattem Papier eingelegt, das mit etwas Bolus oder Röthel bestrichen ist, um das Anhaften des Goldes zu verhindern. Der Abfall (Schawine, Krätze) dient zur Darstellung der Goldbronze (Muschelgold, Malergold). Die mit Blattgold zu vergoldenden Gegenstände werden zuerst mit einem Gemenge von Bleiweiss und Firniss oder Leim und Kreide überstrichen und dann mit Blattgold bedeckt. Eiserne und stählerne Gegenstände, wie Säbelklingen, Gewehrläufe, werden zuerst mit Salpetersäure behandelt, dann erhitzt, bis sie blau anlaufen und mit Blattgold überdeckt.

Auf kaltem Wege. Auf kaltem Wege vergoldet man, indem man feines Gold in Königswasser löst, in diese Goldlösung Leinwandläppchen taucht, dieselben trocknet und dann zu Zunder verbrennt. Die Asche (Goldzunder) enthält fein zertheiltes Gold und Kohle, das man vermittelst eines in Salzwasser getauchten Korkes auf die vorher gereinigte und polirte Oberfläche des zu vergoldenden Kupfers, Messings oder Silbers aufreibt.

Auf nassem Wege. Die Vergoldung auf nassem Wege geschieht, indem man die Gegenstände in eine verdünnte Goldchloridlösung oder in

ein siedend heisses Gemenge von verdünnter Goldchloridlösung mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder Kali taucht. Eisen und Stahl, die auf diese Weise vergoldet werden sollen, werden zuerst mit einer Kupfervitriollösung verkupfert. Eisen und Stahl lassen sich auch dadurch auf nassem Wege vergolden, dass man die Gegenstände zuerst mit Salpetersäure ätzt und dann mit einer Lösung von Goldchlorid in Aether bestreicht und erhitzt. Als Bad zum Vergolden auf nassem Wege ist auch in der neueren Zeit eine Lösung von Goldchlorid in pyrophosphorsaurem Natron empfohlen worden. Die Gegenstände sollen sich fast augenblicklich vergolden.

Feuervergoldung. Die Feuervergoldung wird besonders bei Gegenständen von Bronze, Messing und Silber angewendet. Sie geht auf dieselbe Weise wie die entsprechende Feuerversilberung vor sich, indem man auf die zu vergoldende Fläche ein Goldamalgam aufträgt und den Gegenstand behufs des Abdampfens des Quecksilbers erhitzt, wobei das Gold als dünne Schicht auf dem Gegenstande zurückbleibt. Das hier angewendete Goldamalgam besteht aus 2 Th. Gold und 1 Th. Quecksilber. Man ertheilt der Vergoldung entweder durch Poliren ein glänzendes Ansehen oder man mattirt sie. Letzteres geschieht, indem man den zu mattirenden Gegenstand mit einem geschmolzenen Gemenge von Salpeter, Alaun und Kochsalz erhitzt und ihn sodann in kaltes Wasser taucht. Auch stellenweise lässt sich das Mattiren ausführen, indem man die später zu polirenden Stellen mit einem Gemenge von Kreide, Zucker und Gummi bedeckt (aufspart) und das Mattiren auf die nicht bedeckten Theile ausführt. Das Mattiren gründet sich darauf, dass aus dem schmelzenden Salzgemenge sich Chlorgas entwickelt, welches das Gold ätzt und dadurch matt macht.

Soll die Vergoldung die röthliche Färbung der Kupferkaratirung besitzen, so taucht man die Bronze nach dem Verrauchen des Quecksilbers in geschmolzenes Glühwachs oder Vergolderwachs (ein Gemenge von Wachs, Bolus, Grünspan und Alaun) und lässt das Wachs über Kohlenfeuer abbrennen. Hierbei wird das Kupferoxyd des Grünspans zu Kupfer reducirt, das sich mit dem Golde zu rother Karatirung verbindet.

Stahl und Eisen werden vorher verkupfert. Von der Vergoldung auf galvanischem Wege wird in dem folgenden Abschnitte die Rede sein.

Goldpurpur. Der Goldpurpur oder Purpur des Cassius ist ein zuerst von Cassius in Leyden 1683 dargestelltes Goldpräparat, das bekanntlich angewendet wird, um Glasflüssen eine Purpurfarbe zu ertheilen. Man stellt ihn dar, indem man eine Lösung von Goldchlorid mit Zinnsesquichlorid versetzt. Nach Bolley verfährt man am zweckmässigsten, wenn man 10,7 Th. Zinnchlorid- Chlorammonium mit Zinn digerirt, bis dasselbe aufgelöst ist, mit 18 Th. Wasser verdünnt, die Goldlösung mit 36 Th. Wasser verdünnt und beide Flüssigkeiten vermischt. — Er

erscheint als braunes, pupurrothes oder schwarzes Pulver, über dessen chemische Constitution noch nicht entschieden ist, ob es goldsaures Zinnoxyd oder zinnsaures Goldoxyd ist. Dass das Gold darin nicht im feinzertheilen metallischen Zustande, sondern oxydirt enthalten ist, geht aus den damit angestellten Versuchen deutlich hervor. Nach Th. Scheerer erscheint keine Combination für den Goldpurpur wahrscheinlicher als AuO, $Sn_2 O_3$. Ein gut zubereiteter Goldpurpur muss 39,68 pCt. Gold enthalten. — Das Knallgold ist eine explosive Verbindung, welche aus Goldoxyd und Ammoniak besteht, sie hat bis jetzt keine technische Anwendung gefunden.

Knallgold.

## Das Aluminium.

Gewinnung.

Das Aluminium oder Alumium wurde im Jahre 1827 von Wöhler in Göttingen entdeckt und durch Reduction von Chloraluminium mittelst Kalium dargestellt. Deville beschäftigte sich seit 1853 mit der Darstellung des Aluminiums und fand, dass es sich weit weniger leicht oxydire, als man bis dahin geglaubt hatte, dass es auch beim Schmelzen und Giessen sich nicht oxydire, in siedendem Wasser blank bleibe und durch verdünnte Säuren nicht angegriffen werde. Deville's Mittheilung veranlasste durch die in seiner Abhandlung ausgesprochene Hoffnung, das in der Natur so überaus verbreitete Aluminium werde grosse technische Wichtigkeit erlangen, dass auf kaiserliche Rechnung dieses Metall in der Fabrik der Herren von Sussex in Javelle bei Paris fabrikmässig dargestellt wurde.

Das Aluminium wird durch Zersetzen von Chloraluminium mittelst Natrium dargestellt. Das Natrium wird durch Glühen eines Gemenges von 100 Th. calcinirter Soda, 15 Th. Kreide und 45 Th. Steinkohle erhalten und es soll nicht einmal die zur Zinkgewinnung nöthige Temperatur erforderlich sein. Das Chloraluminium wird erhalten, indem ein geglühtes Gemenge von reiner Thonerde, durch Glühen von Ammoniakalaun dargestellt, mit Steinkohlentheer in einer eisernen Gasretorte bei gelindem Glühen mit Chlorgas behandelt wird, wobei die Kohle mit dem Sauerstoff der Thonerde zu Kohlenoxyd, das Aluminium mit dem Chlor zusammentritt, sich als Chloraluminium verflüchtigt und in einer gemauerten, im Innern mit Fayence ausgekleideten Kammer verdichtet wird. Hier ist eine Verunreinigung des Chloraluminiums mit Eisenchlorid nicht zu vermeiden, weshalb denn auch das Pariser Aluminium immer eisenhaltig ist. Aus dem Chloraluminium wird das Aluminium dadurch ausgeschieden, dass man es in Dampfform mit Natrium zusammenbringt, wobei freies Aluminium und eine aus Chloraluminiumnatrium ($Al_2 Cl_3$, 3 Na Cl) bestehende wenige flüchtige Salzmasse sich bildet, welche das metallische Aluminium umschliesst. In einer Wasserstoffatmosphäre wird in der Rothglühhitze

das Salz abdestillirt, während das Aluminium zu Kügelchen zusammenschmilzt.

H. Rose in Berlin wandte zu seinen Versuchen nicht das künstlich dargestellte Chloraluminium, sondern den als Mineral in Grönland in grosser Menge vorkommenden Kryolith, eine Verbindung von Fluoraluminium ($Al^2 Fl^3$, 3 Na Fl) an, welche in Berlin unter dem Namen Mineralsoda zur Bereitung der Seifensiederlauge zu drei Thalern der Centner verkauft wird.

Eigenschaften des Aluminiums.

Eine reine blanke Fläche des Metalles erscheint grauweiss von einem Farbenton, welcher zwischen der Farbe des Zinnes und jener des Zinkes liegt; es ist härter als Zinn, aber weicher als Zink und Kupfer, etwa eben so hart als Feinsilber; es hat einen starken Klang; es ist nicht sehr biegsam und bricht mit unebener, zackig feinkörniger Fläche; es ist leicht zu feilen, verstopft aber den Feilhieb wie Zinn oder Blei. Unter dem Hammer zeigt es sich geschmeidig, doch erhält es bei etwas starkem Austreiben viele Kantenrisse. Es lässt sich zu Blech auswalzen; das Blech ist leicht zerbrechlich, zeigt grosse Steifheit, jedoch keine auffallende Elasticität. Aluminiumblech von Papierdünne kann wiederholt hin- und hergebogen werden, ehe es zerbricht. Es lässt sich nur schwer zu Draht ziehen.

Es hält sich an der Luft sehr gut und erträgt selbst Glühhitze, ohne sich beträchtlich zu oxydiren, doch bildet sich auf der Oberfläche ein dünnes Häutchen von Thonerde, das beim Schmelzen und Giessen die Vereinigung der Metalltheilchen erschwert. Man wendet daher ein Flussmittel an, wozu sich Chlorkalium besonders eignet. Der Schmelzpunkt des Aluminiums liegt bei etwa 700°. In Salzsäure und Kalilauge löst es sich unter stürmischer Wasserstoffentwickelung. Salpetersäure, verdünnte wie concentrirte, sind, kalt und warm angewendet, ohne alle Einwirkung. Durch Quecksilber wird es nicht amalgamirt, mit Zinn bildet es eine ziemlich harte, aber doch streckbare Legirung. Ebenso wie das Eisen legirt es sich mit Blei nicht.

Nach den bis jetzt bekannten Eigenschaften des Aluminiums kann diesem Metalle eine grosse Nutzbarkeit nicht eingeräumt werden, da es schon seiner unscheinbaren Farbe wegen, so wie in Folge seiner Leichtlöslichkeit in den Alkalien und einigen Säuren auf eine Anwartschaft als Stellvertreter des Silber verzichten muss.

## Die Galvanotechnik.

Anwendung des Galvanismus.

Es ist gewiss eine der merkwürdigsten Eigenschaften des elektrischen Stromes, dass gewisse zusammengesetzte Körper durch denselben in ihre Bestandtheile zerlegt werden, wobei sich die Bestandtheile an den Stellen abscheiden, an welchen der Strom in den zu zersetzenden

Körper eintritt; der eine Bestandtheil befindet sich an der Eintrittsstelle des elektrischen Stromes in die Flüssigkeit, der andere Bestandtheil an der Austrittsstelle. Die Wissenschaft und das Gewerbewesen haben aus dieser Eigenschaft den grössten Nutzen gezogen und noch sind von derselben die grössten Entdeckungen zu erwarten. Die Zerlegung eines zusammengesetzten Körpers durch strömende Elektricität wird die Elektrolyse genannt; derjenige Körper, der fähig ist, durch Elektricität verlegt zu werden, heisst ein Elektrolyt; die Stellen des Ein- und Austrittes die Elektroden und zwar die Eintrittsstelle oder der positive Pol die Anode, und die Austrittsstelle oder der negative Pol die Kathode. Die Bestandtheile des durch Elektricität zerlegten Körpers nennt man die Jonen, und zwar den an der Anode (dem + Pole) ausgeschiedenen Bestandtheil das Anion, und den an der Kathode auftretenden Körper das Kation. Derjenige elektrische Strom, der die Elektrolyse von einem Aequivalent Wasser zu bewirken vermag, ist im Stande, in jedem anderen binär zusammengesetzten Körper, der von dem elektrischen Strom durchströmt wird, ebenfalls ein Aequivalent zu zersetzen. Daraus geht hervor, dass die durch den elektrischen Strom zerlegten Gewichtsmengen sich wie die chemischen Aequivalente verhalten. Dieses Gesetz wurde von Faraday aufgestellt, es ist unter dem Namen des elektrolytischen bekannt.

Elektrolytisches Gesetz.

Aus der Physik ist es bekannt, dass die an der Anode (dem + Pole) sich ansammelnden Körper elektronegative sind, weil ungleichnamige Elektricitäten sich anziehen und gleichnamige sich abstossen. Die an der Kathode (dem — Pole) sich ansammelnden sind demnach die elektropositiven.

Weil Wasser das gewöhnliche Auflösungsmittel der Körper ist, so treten häufig seine Bestandtheile bei der Elektrolyse mit ins Spiel und veranlassen secundäre Erscheinungen. So giebt z. B. Kupfervitriol, bestehend aus Kupferoxyd und Schwefelsäure, an der Anode Sauerstoffgas und an der Kathode metallisches Kupfer, dessen Ausscheidung auf zweierlei Weise erklärt wird. Nach der einen Ansicht, nach welcher der Kupfervitriol als aus $SO_4 + Cu$ bestehend angesehen wird, zerfällt diese Verbindung ohne Weiteres in Kupfer und in $SO_4$, welcher Körper mit dem Zink zu Zinkvitriol $SO_4 + Zn$ zusammentritt. Nach einer anderen Ansicht findet ausser der Zersetzung des schwefelsauren Kupferoxydes ($CuO + SO_3$) auch die des Wassers ($HO = H + O$) statt. Der Sauerstoff des Wassers wird frei und scheidet sich an der Anode (am + Pole) ab, dasselbe geschieht mit der Schwefelsäure; der Wasserstoff des Wassers aber entzieht dem Kupferoxyd den Sauerstoff und bildet mit demselben Wasser, während das Kupfer nun metallisch ausgeschieden werden muss ($CuO + H = HO + Cu$). Wird das Kupfer aus der Kupfervitriollösung durch einen nicht zu stark wirkenden Strom ausgeschieden, so lagert es sich an der Kathode (am — Pole) in cohärenter Gestalt ab. Der an der Anode frei gewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem daselbst befindlichen, als Leiter dienen-

den Zink zu Zinkoxyd, das mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd zusammentritt. Für jedes Aequivalent Kupfer = 31,7, das gefällt wird, löst sich ein Aequivalent Zink = 32,6 auf. Wendet man anstatt des Kupfervitriols passende Lösungen von Gold, Silber u. s. w. an, so kann man auch auf galvanischem Wege vergolden, versilbern und dergl.

Wir beschreiben nun in der Kürze das Verfahren:

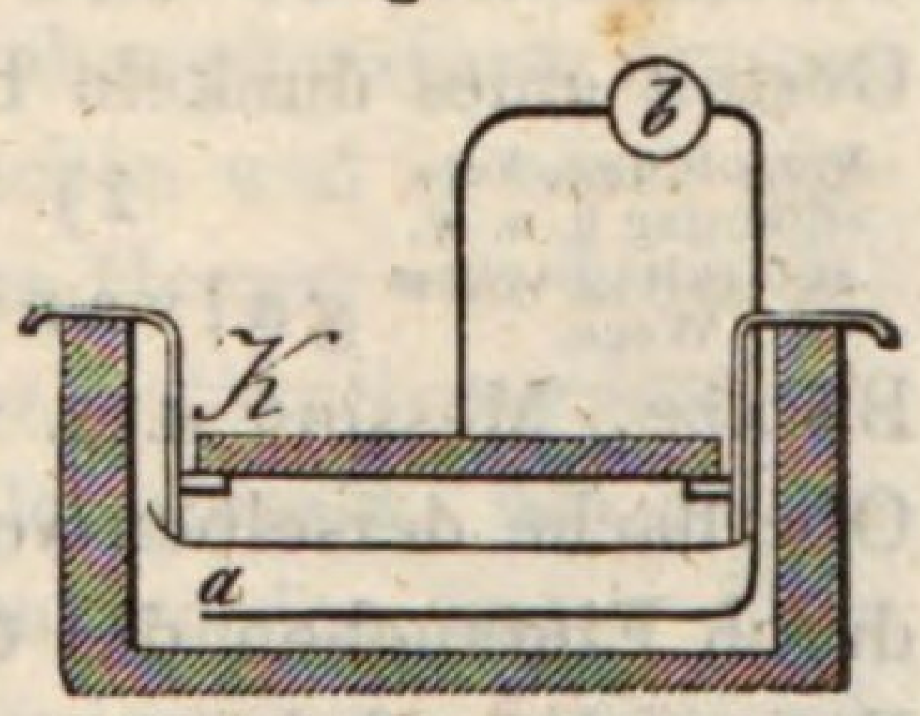
1) bei der Galvanoplastik,
2) bei der Vergoldung, Versilberung u. s. w. auf galvanischem Wege,
3) das galvanische Aetzen,
4) die Metallochromie.

Galvanoplastik.

1) Galvanoplastik. Wie angegeben wurde, lagert sich das durch Wasserstoff reducirte Kupfer an der Kathode in zusammenhängender Form ab. Durch fortgesetzte Operationen kann man das Kupfer zu einer solchen Dicke anwachsen lassen, dass dasselbe von den Rändern der Form, auf welcher die Abscheidung geschah, losgetrennt werden kann und einen Abdruck der Form darstellt. Auf diesem Umstande beruht die Galvanoplastik, die 1839 von Jacobi in Petersburg und fast gleichzeitig von Spencer in Liverpool erfunden wurde. Diese Kunst wurde verbessert von Becquerel, Elsner, Smee, Ruolz, Elkington, Braun u. v. A.

Die Metalllösung, welche zur Darstellung galvanoplastischer Abdrücke angewendet wird, ist stets eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol. Die Form (das Modell oder die Matrize), auf welcher die Ablagerung vor sich gehen soll, darf aus keinem Metall bestehen, das von der Kupfervitriollösung angegriffen wird, namentlich nicht aus Zinn, Zink oder Eisen. Zuweilen wendet man Kupfer an, das mit einer dünnen Schicht Silber (auf nassem Wege) überzogen worden ist. Häufiger benutzt man Formen aus Gyps und Gutta percha. Damit der Strom gleichmässig gehe, ist es wesentlich, das Zink, das sich an dem elektropositiven Pol befindet, zu amalgamiren. Das Amalgamiren geschieht dadurch, dass man das Zink in Salzsäure eintaucht, dann einige Tropfen Quecksilber darauf fallen lässt, und dieselben durch Reiben oder Bürsten auf der Oberfläche verbreitet.

Fig. 86.




Anfertigung von Kupferplatten.

Um Kupferplatten auf galvanischem Wege zu erzeugen, dient der nebenstehend abgebildete Apparat (Fig. 86). In einem hölzernen Trog, der mit Harz ausgegossen ist, bringt man am Boden die gravirte Platte *a* an, auf der sich das Kupfer ablagern soll. Ueber derselben ist ein Holzrahmen angebracht, der an seiner unteren Seite mit einer Blase, mit Pergament oder mit einer porösen Thonplatte, einem sogenannten Diaphragma, verschlossen ist. Unmittelbar über diesem Rahmen befindet sich die Zinkplatte *K*, die vermittelst

eines Bleistreifens mit der Kupferplatte verbunden ist. In den Trog giesst man eine in der Kälte gesättigte Kupfervitriollösung, die man durch Hineinlegen einiger Stückchen Kupfervitriol gesättigt erhält. In den inneren Theil des Rahmens bringt man eine concentrirte Lösung von Zinkvitriol.

Anfertigung von Medaillen.

Um Medaillen und ähnliche kleine Gegenstände galvanoplastisch nachzubilden, benutzt man einige Elemente einer schwachen galvanischen Batterie. An der Kathode befestigt man die Platte, auf welcher der Niederschlag erfolgen soll, in verticaler Stellung und ihr gegenüber die Platte, welche das Material zu der neuen Platte liefern soll, ebenfalls in verticaler Stellung. In dem Verhältnisse als sich Metall an der Kathode niederschlägt, löst sich Metall an der Anode, so dass die Flüssigkeit immer gleichmässig concentrirt ist. Nicht leitende Substanzen, die man galvanoplastisch nachbilden will, wie Gypsabgüsse, Wachs-, Paraffin-, oder Stearinsäureabdrücke macht man auf der Oberfläche durch Graphit, Silber- und Goldbronze oder Eisenoxyd-Oxydul leitend; so kann man auf diese Art Kupfer und Gyps oder Stearinsäure niederschlagen. Gyps muss vor dem Auftragen von Graphit mit Paraffin oder Stearinsäure eingelassen werden, damit er keine Flüssigkeit einsaugen kann. Die Gutta percha eignet sich ihrer Eigenschaft wegen, in heissem Wasser zu einer plastischen teigartigen Masse zu erweichen, sich in diesem Zustande in alle Formen pressen zu lassen und nach dem Erkalten genau die Form zu behalten, in welche sie gepresst wurde, besonders gut zur Herstellung von Formen, die man gleichfalls durch Graphit etc. leitend macht. — Um einen zähen, geschmeidigen Kupferabsatz zu erhalten, hat v. Kobell vorgeschlagen, die Kupfervitriollösung mit einem Zusatz von Zinkvitriol und Glaubersalz zu versehen. — Aus neueren Versuchen über Galvanoplastik scheint hervorzugehen, dass das Kupfer nur dann im cohärenten regulinischen Zustande gefällt wird, wenn die Kupfervitriollösung in ziemlich concentrirter Form angewendet wird, und der elektrische Strom gerade hinreicht, die Metalllösung, aber nicht auch Wasser zu ersetzen. Entwickelt sich neben dem abgeschiedenen Metalle auch noch Wasserstoff an der Kathode, so wird das Metall nicht in cohärenter Form, sondern in Gestalt eines dunkeln Pulvers abgeschieden.

Vergoldung, Versilberung u. s. w. auf galvanischem Wege.

2) Vergoldung, Versilberung u. s. w. auf galvanischem Wege. Um Gegenstände von Kupfer, Bronze, Messing u. s. w. auf galvanischem Wege zu vergolden, muss die Oberfläche derselben vollkommen gereinigt sein. Das Reinigen geschieht durch Eintauchen des Gegenstandes in siedende Kalilösung, wodurch das Fett und der Schmutz aus den Vertiefungen entfernt werden. Man bedient sich zur Vergoldung, wie auch zur Versilberung allgemein der galvanischen Batterie mit einer Zersetzungszelle und zwar ist jetzt die von Smee construirte Batterie, die aus platinirtem Silberblech, das mit amalgamirtem Zinkblech umgeben ist, die bei weitem gebräuchlichere. Die Elemente dieser Batterie hängen in bleiernen, inwendig verpichten Gefässen. Als

Zersetzungsflüssigkeit benutzt man die Verbindung des Cyankaliums mit Gold oder Silber. Eine Auflösung von Cyankalium in Wasser hat die Eigenschaft, fein zertheiltes metallisches Gold, Goldoxyd, Gold- oder Silberchlorid zu lösen und Doppelcyanüre zu bilden, deren Lösung sich am besten als Zersetzungsflüssigkeit eignet. Die zu vergoldenden oder versilbernden Gegenstände werden in die Zersetzungszelle mittelst eines Drahtes eingehängt, der mit dem positiven Pole der Batterie in Verbindung steht. Ein zweiter Draht ist mit dem negativen Pole der Batterie verbunden, der in der Zersetzungszelle in ein angenietetes Platinblech endet. Anstatt der Leitungsdrähte wendet man sehr zweckmässig Drahtseile an. Der Process der galvanischen Vergoldung oder Versilberung dauert nur einige Minuten, deshalb hängt man die Anode nicht ein, sondern bewegt dieselbe in der Auflösung mit der Hand hin und her, damit die Vergoldung gleichmässig ausfalle. Anstatt der Anode aus Platin, wendet man zweckmässig Bleche aus Gold oder Silber an, die von dem sich ausscheidenden Cyan nach und nach aufgelöst werden; dadurch wird bezweckt, dass der Gehalt der Lösung an Gold und Silber stets gleich bleibt. Um eine geeignete Goldlösung zu bereiten, wendet man 100 Gramme Cyankalium auf ein Liter destillirtes Wasser an. Für diese Lösung löst man 7 Grammen Feingold in Königswasser, dampft die Lösung im Wasserbade vorsichtig zur Trockne, löst den Rückstand in etwas destillirtem Wasser und setzt die Flüssigkeit zu der Lösung des Cyankaliums. — Da die Lösung des Goldchlorids, das sich durch Auflösen von Gold in Königswasser bildet, trotz des Abdampfens noch freie Säure enthalten kann, die aus der Cyankaliumlösung Blausäure entwickelt, so hat Bagration vorgeschlagen, das Gold aus dieser Lösung mittelst Eisenvitriol zu fällen, das fein zertheilte Gold auf einem Filter zu sammeln, mit destillirtem Wasser auszuwaschen und dann in die erwärmte Cyankaliumlösung zu bringen, in der sich das Gold löst. Nach Braun löst man Gold in Königswasser, dampft die vom ausgeschiedenen Chlorsilber abfiltrirte Lösung, zu welcher man Kochsalzlösung gesetzt hatte (auf 3 Th. Gold 10 Th. Kochsalz), zur Trockne ein, löst den Rückstand in Wasser und fällt die Lösung mit überschüssigem Ammoniak. Der Niederschlag (Knallgold) wird ausgewaschen und in einer hinreichenden Menge von Cyankalium gelöst. Nach dem Herzog von Leuchtenberg ist es zweckmässig der Goldlösung etwas Aetzkali zuzusetzen. Elsner benutzt anstatt des Cyankaliums das Blutlaugensalz, das schon vorher von Elkington und Ruolz vorgeschlagen worden war. Man löst zu diesem Zwecke 28 Gr. gewalztes Gold in Königswasser, verdampft die Lösung im Wasserbade zur Trockne, löst den Rückstand in Wasser und setzt zu der Lösung 210 Gr. mit etwas Wasser angerührter Magnesia. Die entstandene goldsaure Talkerde (Goldoxyd-Magnesia) wird auf einem Filter mit Wasser ausgewaschen und dann mit Salpetersäure behandelt, welche die Talkerde auflöst, das Goldoxyd aber zurücklässt. Nach hin-

Goldlösung.

reichendem Auswaschen wird das Goldoxyd in einer Auflösung von 500 Gr. Blutlaugensalz in 4 Litern Wasser gelöst.

Silberlösung. Die Lösung zum *Versilbern* auf galvanischem Wege stellt man dar, indem man gut ausgewaschenes, frisch gefälltes Chlorsilber in Cyankaliumlösung (100 Gr. Cyankalium auf 1 Liter Wasser) einträgt, so viel sich darin aufzulösen vermag, und zu dieser Lösung eine gleiche Menge von der Cyankaliumlösung setzt. — Eben so empfiehlt man eine Lösung von 1 Th. Cyansilber in 100 Th. Wasser.

Kupferlösung. Zur *galvanischen Verkupferung* ist eine Auflösung von Kupferoxydul in Cyankalium die tauglichste Zersetzungsflüssigkeit. Um sie darzustellen, erhitzt man eine Kupfervitriollösung mit etwas Kali und Krümelzucker, bis sich ein Absatz von rothem Kupferoxydul gebildet hat, den man auf einem Filter mit destillirtem Wasser auswäscht und in einer Cyankaliumlösung löst.

Zink- und Zinnlösung. Zum *Verzinken* des Eisens kann man eine Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd anwenden. Das mit einer Zinkhaut überzogene Eisen führt den Namen *galvanisirtes Eisen*; dasjenige, welches im Handel diesen Namen führt, ist jedoch nicht auf galvanischem Wege mit Zink überzogen, sondern auf gewöhnlichem Wege verzinktes Eisen. Zum *Verzinnen* wendet man eine Zinnauflösung an, welche man dadurch gebildet hat, dass man als Zersetzungsflüssigkeit Aetznatron lauge, als Kathode ein Eisenblech, als Anode eine Zinnstange benutzt.

Das Aetzen auf galvanischem Wege. 3) *Das Aetzen auf galvanischem Wege* gründet sich auf die Thatsache, dass unter gewissen Bedingungen die an den Elektroden ausgeschiedenen Stoffe sich mit denselben chemisch verbinden. Erfolgt eine Verbindung, so wird die Elektrode nach und nach zerstört. Regulirt man dieses Zerstören dergestalt, dass die Elektrodenplatte durch Ueberziehen mit Aetzgrund (aus 4 Th. Wachs, 4 Th. Asphalt und 1 Th. schwarzem Pech dargestellt) bis auf gewisse freigelassene Stellen unzerstörbar ist, so hat man alle Bedingungen zum Aetzen. In die mit Aetzgrund bedeckte Kupferplatte wird die beabsichtigte Zeichnung bis auf das blanke Metall einradirt, und darauf als positive Elektrode einer constanten Kette in Kupfervitriollösung, einer anderen als negative Elektrode dienenden blanken Kupferplatte gegenüber gestellt. Während sich die letztere mit Kupfer überzieht, wird an den radirten Stellen durch den Sauerstoff des zersetzten Wassers Kupferoxyd gebildet, und dieses von der im Kupfervitriol frei gewordenen Schwefelsäure immer wieder aufgenommen und entfernt.

Metallochromie. 4) *Metallochromie oder galvanische Metallfärbung.* Auch zusammengesetzte Körper, wie z. B. Metalloxyde, können durch den galvanischen Strom in cohärenter Form auf Metallflächen niedergeschlagen werden. Bleioxyd (Bleiglätte) hat vorzüglich die Eigenschaft, aus seiner Lösung in Aetzkali oder Aetznatron als Superoxyd abgeschieden zu werden. *Becquerel* hat darauf ein Verfahren

begründet, Metalle mit diesem Superoxyde zu überziehen, das unter dem Namen Metallochromie oder galvanische Metallfärbung bereits Anwendung gefunden hat, da dasselbe die Hervorbringung verschiedener Farben gestattet. Diese Farben gehören in die bekannte Kategorie der Farben dünner Schichten. Bringt man in eine vollkommen gesättigte Auflösung von Bleioxyd in Aetzkali eine Platte, die mit der Anode einer galvanischen Batterie in Verbindung steht, während ihr gegenüber eine Platinplatte als Kathode dient, so wird auf der Platte Bleisuperoxyd abgelagert, und die Farbe ändert sich mit der Dicke der Schicht; ist die gewünschte Wirkung erreicht, so muss der Körper sogleich aus der Flüssigkeit genommen und abgewaschen werden. Hält man die Spitze ruhig über eine Stelle, so entstehen um dieselbe herum die bekannten Nobilischen Farbenringe. Um diese zu vermeiden, muss man die Elektrode in fortwährender Bewegung und in einer gewissen Entfernung von der Oberfläche des Körpers halten. Die Metallochromie findet Anwendung zur Verzierung von Gegenständen aus Kupfer, Tombak und Messing, welche vorher eine dünne galvanische Vergoldung empfangen haben. Die Hauptfarbe ist grün oder purpurroth, welche in Nebenfarben (hellroth, blau, violett, gelb) übergeht. Anstatt der Lösung des Bleioxydes in Aetzkali kann man auch eine mit Kalilauge versetzte Lösung von Kupfervitriol und Kandiszucker in Wasser anwenden.

Elektrotypie. Elektrotypie. Um Lettern auf galvanoplastischem Wege zu vervielfältigen, wird der Lettersatz mit Spatien in solcher Ausdehnung umgeben, als die Grösse der von jeder Letter darzustellenden Matrize es erfordert. Der Satz wird dann mit Schnüren festgebunden, an den Rändern mit Wachs umgeben, davon ein galvanoplastischer Abdruck erzeugt und die einzelnen Matrizen mit einer Scheere ausgeschnitten. Auf der Rückseite werden dieselben verzinnt und mit Letternmetall zur gehörigen Dicke ausgegossen. Zur Erzeugung von Stereotypplatten und zur Copirung von Holzschnitten möchte sich die Gutta Percha als Material zur Matrize besonders eignen.

Glyphographie. Die Glyphographie ist eine Anwendung der Galvanoplastik, um Holzschnitte nachzuahmen. Sie ist eine Erfindung Palmer's in London und ist durch V. Ahner in Leipzig verbessert worden. Sie bezweckt die von dem Künstler ausgeführte Zeichnung direkt in eine Typenplatte zu verwandeln; die Zeichnung kann dabei in ihrer natürlichen Richtung, nicht verkehrt wie beim Holzschnitt, gemacht werden, worin besonders bei solchen Sachen, in welchen viel Schrift vorkommt, eine grosse Erleichterung ist. Das Verfahren, so weit es bekannt ist, besteht in Folgendem:

Eine vollkommen eben geschliffene Kupferplatte wird mit Schwefelleberlösung angestrichen und dadurch ihre Oberfläche geschwärzt; die mit Wasser abgespülte und gereinigte Platte wird mit einem weissen Radirgrund versehen, der aus einer Mischung von Burgunderpech, weissem

Wachs, Colophonium, Wallrath und schwefelsaurem Bleioxyd besteht. In diesen weissen Grund zeichnet der Künstler mit den dazu bestimmten Nadeln, so dass der schwarze Grund blossgelegt wird, und die Zeichnung schwarz auf weiss erscheint. Die fertige Radirung wird dem Galvanoplastiker übergeben, welcher nunmehr die mechanischen Beihülfen zur Erzeugung eines galvanoplastischen Abdruckes besorgt. Es werden vor Allem die breiten weissen Flächen mittelst einer dicken, breiartigen Firnissmasse erhöht, damit sie nicht überwachsen. Dann wird die Platte copirt und der galvanoplastische Abdruck auf einem Holzklotze befestigt, so dass er mit dem Letternsatze gleiche Höhe erhält und gleichzeitig mit diesem abgedruckt werden kann.

Von der radirten Platte können auch Gypsabgüsse hergestellt und hiervon Stereotypplatten abgegossen werden und es scheint, als ob dieser Vorgang in England häufiger angewendet wird, als die galvanoplastische Copie, da überdies die Druckerschwärze von galvanoplastischen Modellen nie so gut angenommen wird, als von Stereotypplatten.

Galvanographie. Kurze Zeit (1842) nach der Entdeckung der Galvanoplastik durch Jacobi wurde durch v. Kobell in München die Idee gefasst, die neue Kunst zu benutzen, um in Tuschmanier gemalte Bilder auf galvanischem Wege in Kupfer vertieft dargestellt, zu copiren, dass sie nun durch druckbare Platten vervielfältigt werden können, welche Kunst mit dem Namen Galvanographie bezeichnet worden ist. Es wird auf eine glatte und versilberte Kupferplatte eine Tuschzeichnung in Oelfarbe gemalt; sobald die Farbe eingetrocknet ist, wird darauf eine Kupferplatte erzeugt, welche dann unmittelbar zum Abdruck in der Kupferdruckpresse dient und dieselbe Tuschzeichnung, wie sie der Künstler auf der Platte hervorbrachte, in beliebiger Anzahl von Abdrücken auf Papier wiedergiebt. Die Abdrücke nähern sich am meisten der sogenannten Aqua tinta; die Platten ertragen ohne beträchtliche Abnützung über 600 Abdrücke.

Die Bilder werden in einer Farbe gemalt, damit die Tuschzeichnung durch höheres oder flaches Auftragen der Farbe eine Art Relief bildet, das sich in der galvanoplastischen Platte vertieft darstellt und zur Aufnahme der Druckerschwärze dient, die alle diese Vertiefungen in demselben Verhältnisse ausfüllt und dann an die Oberfläche des Papiers sich anheftet.

# III. Die Pflanzenstoffe und ihre technische Anwendung.

## Die Pflanzenfaser.

Pflanzenfaser. Die Pflanzenfaser oder die Cellulose $C_{12} H_{10} O_{10}$ ist derjenige Stoff, der das Gewebe der Vegetabilien bildet und in den verschiedensten Formen in den Pflanzen vorkommt. In grösster Menge findet er sich mit incrustirenden Substanzen durchdrungen im Holze und bildet die Holzfaser oder das Lignin, in langen Faden oder Büscheln bildet er den Flachs (Lein), den Hanf, die Brennnesselfäden und die Baumwolle, welche Substanzen die technisch so wichtige Gruppe der Gespinnstfasern bilden und zur Fabrikation der Gespinnste und Gewebe, des Papiers und der Schiessbaumwolle dienen. Die Anwendung des Holzes ist bekannt, die Haupteigenschaften und die Verwendung desselben als Brennstoff werden in dem Kapitel von der Heizung angeführt werden. Dass der reine Pflanzenzellstoff von gleicher Zusammensetzung in dem Holze, der Baumwolle, dem Flachse und dem Papier vorkommt, geht aus folgenden Analysen dieser verschiedenen Substanzen hervor:

| Zellenstoffe aus: | Holz | Baumwolle | Flachs | Papier |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff . . | 43,87 | 43,30 | 43,63 | 43,87 |
| Wasserstoff . . | 6,23 | 6,40 | 6,21 | 6,12 |
| Sauerstoff . . | 49,90 | 50,30 | 50,16 | 50,01 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Wir betrachten im Folgenden die Gespinnstpflanzen:

1) den Lein,
2) den Hanf,
3) die Baumwolle,
4) die übrigen weniger wichtigen Gespinnstpflanzen.

## Der Flachs.

Flachs. Der Flachs ist die zum Spinnen vorgerichtete **Faser der Leinpflanze** (Linum usitatissimum), einer Pflanze aus der **Familie der** Caryophylleen, welche wie fast alle die wichtigen Culturpflanzen **wahr**scheinlich aus der asiatischen Hochebene stammt, aber schon **im grauen** Alterthume im ganzen Orient, in Aegypten und in dem gesammten **Europa** cultivirt wurde. Die Ernte des Leins geschieht, indem die **Pflanzen aus** dem Boden gerauft, in Bündel gebunden, und zum Trocknen **auf das Feld** gestellt werden. Nach dem Trocknen werden die Pflanzen auf der **Flachs**raufe, einem Kamme mit eisernen Hakenzähnen (dem Riffelkamm oder Reffkamm), *geriffelt*, d. h. die Samenkapseln abgerissen, dann aber der Flachs in handdicke Bündel gebunden und der Rotte übergeben. Die in dem Lein enthaltenen Fasern, welche den Flachs bilden, liegen unter der Rinde der Pflanze und zwar durch eine gummiartige Substanz zusammengeleimt, welche daraus entfernt werden muss, so dass durch die nachfolgende mechanische Behandlung die spinnbaren Fasern isolirt werden können, ohne übermässig beschädigt zu werden. Dies geschieht durch

Rösten desselben. das *Rösten* oder *Rotten*. Behufs des Röstens bringt man die Flachsstengel in Bäche oder in stehendes Wasser und hält sie durch aufgelegte schwere Körper unter der Oberfläche des Wassers bis eine Art von Fäulniss eingetreten ist, welche diejenigen Stoffe, von welchen die Faser zusammengehalten wird, nicht aber die Faser selbst zerstört. Man nennt diese Art der Röste die *Wasserröste*. Nach einer andern Methode setzt man die geriffelten Stengel, in dünnen Lagen auf Feldern ausgebreitet, den Einflüssen der Atmosphäre aus und ersetzt den fehlenden Regen durch fleissiges Begiessen mit Wasser (*Thauröste*, Landrotte, Luftrotte). Beide Methoden sind langwierig und ungesund, weil durch die bei der Fäulniss sich entwickelnden Gasarten die Umgegend vergiftet, durch die Wasserröste ausserdem das Wasser verdorben und zur Erhaltung des Lebens von Fischen untauglich wird.

Warmwasserröste. Nach vielen Versuchen, die schon seit langer Zeit mit verschiedenen chemischen Substanzen (Kalilauge, verdünnte Schwefelsäure) angestellt worden sind, ward endlich vor wenigen Jahren das seither unter dem Namen *Warmwasserröste* bekannt gewordene Verfahren zuerst von *Schenck* in Irland eingeführt. Jetzt hat sich dieses Verfahren auch schon auf dem Continente eingebürgert, wo es von den Regierungen mit Recht wesentlich unterstützt wird. Das Rösten geht nach dieser Methode in grossen Bottichen vor sich, in welchen das Wasser mittelst Dampf auf 25 — 33° erhitzt wird, nach 60 — 90 Stunden ist das Rösten beendigt. Die Vortheile, welche die Warmwasserröste darbietet, sind: 1) dass die Arbeit des Röstens dem Leinbauer gänzlich abgenommen wird und in eigene Anstalten übergeht, wodurch ein besseres und gleichmässigeres

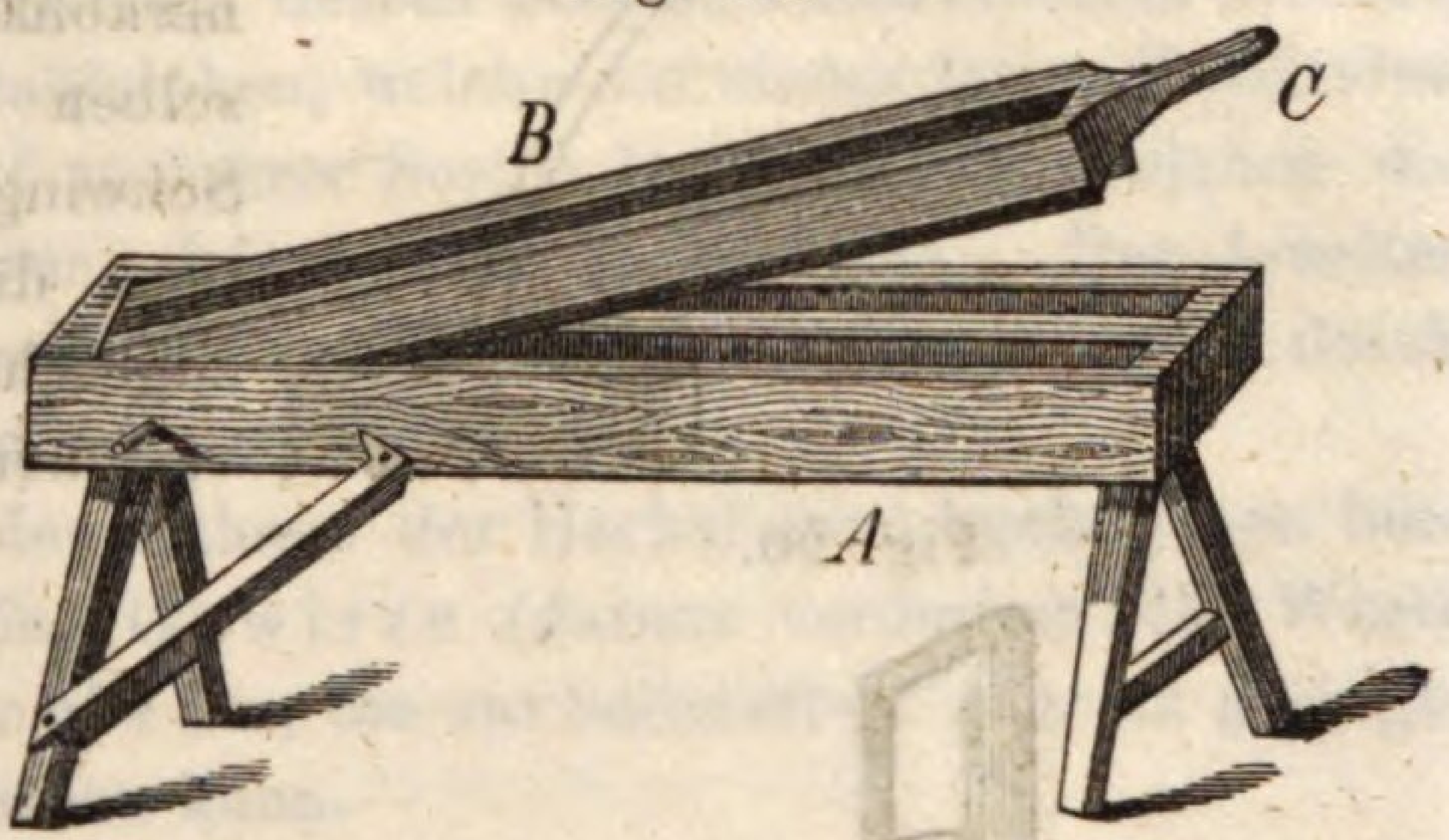
Product erzielt wird, 2) dass, in Folge eines um etwa 10 pCt. geringeren Gewichtsverlustes nach der Röste, verglichen mit dem Wasserröstverfahren, der Ertrag ein weit grösserer ist, 3) dass bei dem fabrikmässigen Betriebe dieser Röstart die Unkosten verhältnissmässig gering sind. In neuerer Zeit hat man auch angefangen, heisse Wasserdämpfe zum Rösten des Flachses anzuwenden. Diese Dampfröste, von Watt und Buchanan eingeführt, soll vor der Warmwasserröste grosse Vorzüge besitzen.

Dampfröste.

Brechen des Flachses.

Nach beendigtem Rösten und Dörren sucht man die Fasern von der Hülse und dem durch das Rösten mürbe gewordenen Kern zu trennen, was durch das Brechen, Schwingen und Hecheln geschieht. Durch das Brechen werden die holzigen Theile zerklopft (gebrochen), der Bast widersteht durch seine grössere Zähigkeit und bleibt fast unversehrt. Das Werkzeug, dessen man sich zum Brechen bedient, besteht (Fig. 87) aus zwei in einandergreifenden Theilen; der obere *B* (der Deckel oder Schlegel) wird aus zwei Holzschienen gebildet, die an dem einen Ende so mit einem Untergestell verbunden sind, dass sie sich wie in einem Charniere bewegen lassen. Diese beiden Holzschienen laufen nach unten messerschneidenartig zu und vereinigen sich in dem Handgriffe *C*. Das Untergestell *A* ist der ganzen Länge nach in zwei durchgehende Rinnen ausgeschnitten, die so beschaffen sind, dass die Latten des Deckels bei der niedergehenden Bewegung sich genau in die Rinnen des unteren Theiles (der Lade) hineinlegen. Indem der Arbeiter den Deckel abwechselnd aufhebt und schnell wieder niederstösst, bringt er zu gleicher Zeit ein Büschel Flachs quer über die Lade, welches zwischen den Latten des Deckels und den Rinnen der Lade zerknickt und zerquetscht wird, da es allmälig der Länge nach fortgezogen wird. Die holzigen Theile, die Schebe oder Ahne fallen theils von selbst ab, theils werden sie nach beendigtem Brechen zum grossen Theil durch Ausschütteln entfernt.

Fig. 87.




Bei dem Handbrechen ist ein ziemlicher Verlust an Flachs schwer zu vermeiden, weshalb gut construirte Flachsbrechmaschinen den Vorzug verdienen.

Botten oder Blaueln.

Anstatt des Brechens bedient man sich in Belgien des Botthammers, womit der Flachs gleichsam gedroschen wird. Der Botthammer (Fig. 88 siehe nächste Seite) ist ein flacher viereckiger Holzblock, auf der unteren Seite (Fig. 89 siehe nächste Seite) mit querlaufen-

den, parallelen Einkerbungen versehen, und an einem langen, gekrümmten Stiele befestigt. Der Arbeiter tritt mit der Fussspitze auf das eine Ende des Flachses, hält ihn so fest und schlägt mit dem Botthammer kräftig auf die freie Stelle, wendet von Zeit zu Zeit um und durchschüttelt ihn, bis der Flachs gleichmässig gebrochen ist.

Fig. 88.

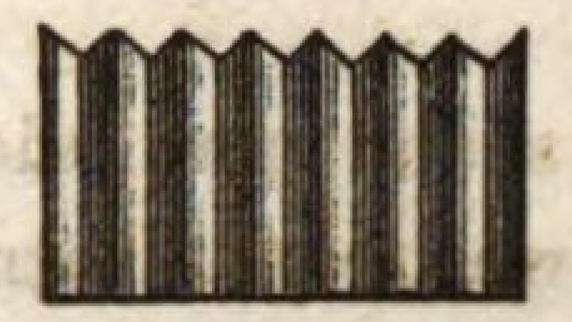
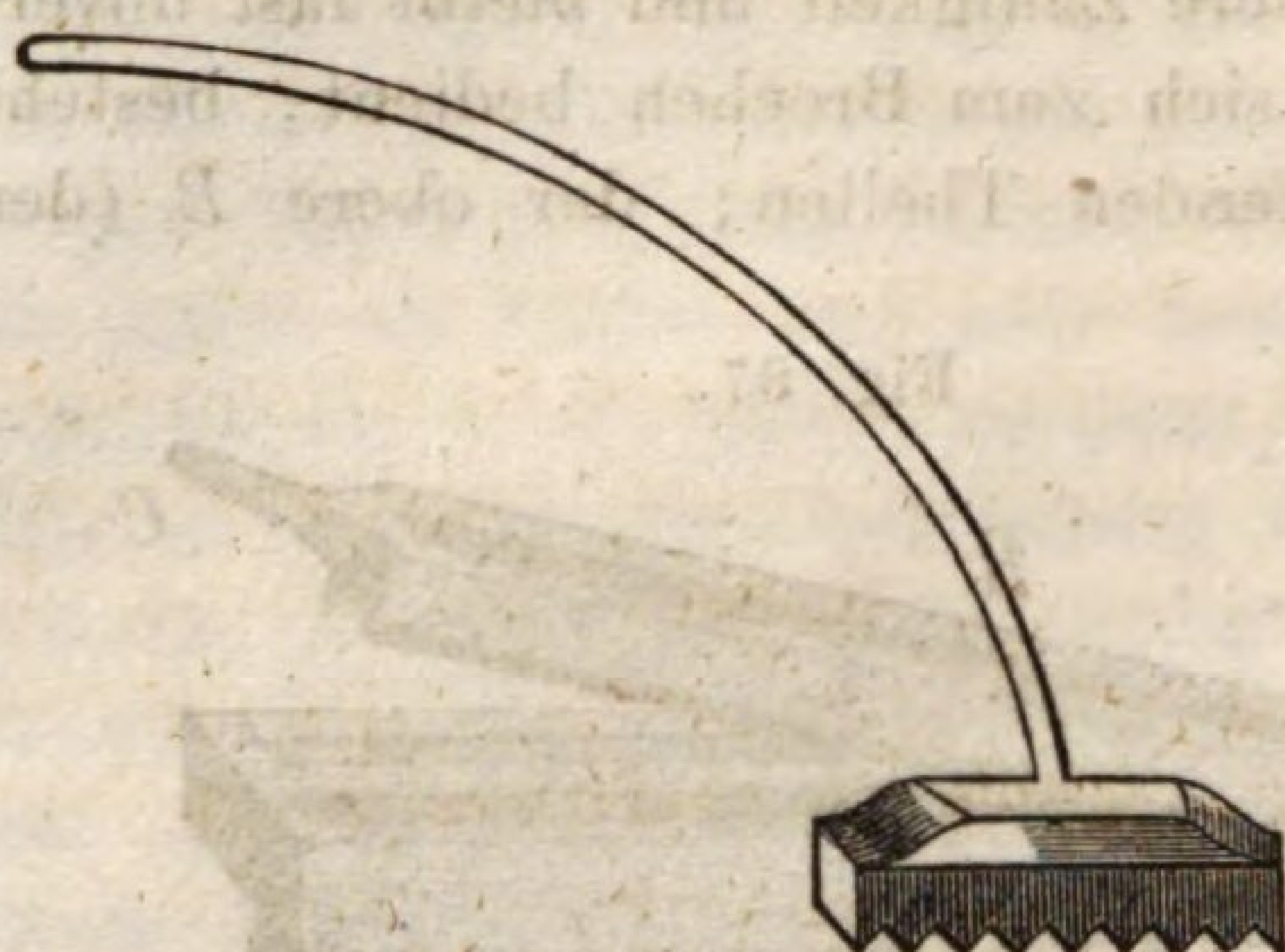


Fig. 89.



Schwingen des Flachses.

Der gebrochene oder gebottelte Flachs enthält immer noch fest anhängende, beim Schütteln sich nicht absondernde Schebetheile, welche durch das Schwingen entfernt werden. Der hierbei benutzte Apparat besteht aus dem Schwingstock und aus dem Schwingmesser. Ersterer (Fig. 90) ist ein auf einem Fussgestell aufrecht befestigtes Brett mit einem Einschnitte an der Seite, in welchen man ein Büschel Flachs so legt, dass es an der vorderen Seite des Brettes herabhängt, während es hinter demselben fest gehalten wird. Das Schwingmesser (Fig. 91) ist aus hartem, dünnen Holze, an den Kanten zugeschärft und mit einem Handgriffe versehen. Der Arbeiter schlägt da-

Fig. 90.

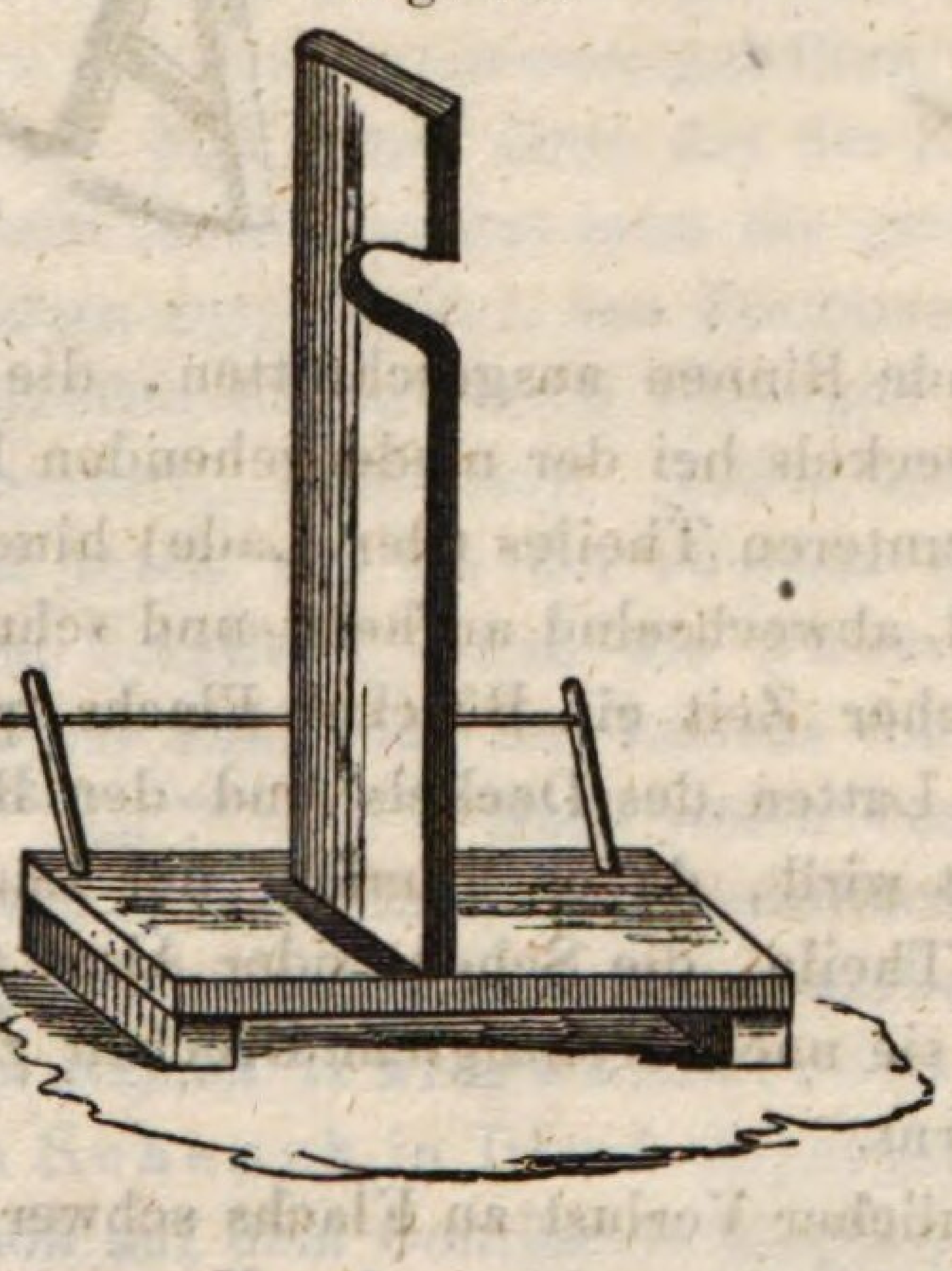


Fig. 91.



Fig. 92.




mit den längs des Brettes herabhängenden Flachs, dann dreht er denselben herum und fährt fort zu schlagen, bis der Flachs völlig von der Schebe befreit ist.

Ribben.

Anstatt des Schwingens oder auch nach demselben wendet man in einigen Flachsgegenden das Ribben an, das in einem kräftigen Ausstreichen mit dem Ribbemesser (Fig. 92), einer dünnen Klinge *o*

aus Eisenblech, welche in einen hölzernen Griff *p* gefasst ist, besteht. Der sitzende Arbeiter fasst ein Bündel Flachs (eine Riste) mit der linken Hand, breitet dasselbe auf einem über die Knie gebreiteten Schurzfell aus und führt mit der Rechten das Messer.

Hecheln des Flachses. Trotz des sorgfältigsten Schwingens oder Ribbens wird der Flachs nicht in den zum Spinnen erforderlichen Zustand übergeführt. Abgesehen von noch vorhandenen Schebeüberresten, ist der Bast noch nicht vollständig in seine Fasern zertheilt, sind auch noch kurze Fasern mit langen gemengt, liegen endlich auch zahlreiche Fasern verwirrt und gekrümmt. Die letzte Arbeit der Flachszurichtung, das Hecheln, soll demnach:

1) die Schebeüberreste vollständig entfernen;
2) den Bast in die einzelnen, zum grössten Theil noch bänderartig zusammenhängenden Flachsfasern spalten;
3) die zu kurzen Fasern absondern;
4) die langen Fasern glatt und parallel legen.

Die Hechel, das Werkzeug, dessen man sich zum Hecheln bedient, besteht aus feinen, spitzen Stahlzinken, welche auf einem festen Holzboden befestigt sind. Man bedarf mehrerer Sorten Hecheln, bei welchen die Zinken dichter oder entfernter, feiner oder gröber sind. Der Arbeiter schlägt den Flachs handvollweise durch die Hecheln und zwar zuerst durch die gröberen, zuletzt durch die feinsten.

Gewirre oder Hede. Die von den Zähnen der Hechel zurückgehaltenen kürzeren Fasern nennt man das Gewirre (daraus verdorben die Worte Werrig oder Werg) oder die Hede, die zur Seilerarbeit oder zu geringerem Gespinnst verwendet werden kann.

Gewöhnlich ist die Zurichtung der Flachsfaser mit der Arbeit des Hechelns beendigt, in speciellen Fällen, wo besondere Reinheit und Feinheit der Fasern erforderlich ist, vervollständigt man die Wirkung der Hechel durch Klopfen und Bürsten und durch Kochen mit Seifenlösung.

Ausbeute an Flachs. Der durchschnittliche Ertrag an geschwungenem Flachs und Leinsamen beträgt pr. Morgen 246 Pfd. Flachs und 220 Pfd. Leinsamen.

100 Pfund gerösteter und gedörrter Flachs

| | | |
|---|---|---|
| wiegen nach dem Brechen | 45—48 | Pfund |
| „ „ Schwingen oder Rippen | 15—25 | „ |
| „ „ Hecheln | 10 | „ |

Dabei erhält man 5—10 Pfund Schwingwerg und 5—15 Pfund Hechelwerg.

Spinnen des Flachses. Das Spinnen des gehechelten Flachses bezweckt dessen Umwandelung in Garn. Das Spinnen kann geschehen auf dem Spinnrade (Handspinnerei), oder auf Maschinen (Maschinenspinnerei).

Die Aufgabe der Spinnerei ist, die Fasern des gehechelten Flachses so auszuziehen und anzuordnen, dass sie einen Faden von möglich gleicher

Dicke bilden, und dann diesem Faden die Drehung zu geben. Das Spinnen auf dem Spinnrade ist allgemein bekannt. Die Verarbeitung in den mechanischen Spinnereien zerfällt in folgende Abtheilungen:

1) der gehechelte Flachs wird in ein Band von ziemlich gerade und parallel liegenden Fasern, die Grundlage des künftigen Garnfadens verwandelt;

2) dieses Band wird gestreckt; dadurch wird dasselbe verfeinert und die parallele Lage der Fasern vollkommen bewirkt;

3) das gestreckte Band wird durch weiteres Strecken und geringes Drehen in den Vorgespinnstfaden verwandelt;

4) der Vorgespinnstfaden geht durch fortgesetztes Strecken und verstärktes Drehen in das Feingespinnst, in das Garn über.

Das Werg wird ebenfalls auf Maschinen zu Gespinnst verarbeitet; indem dasselbe zuerst ähnlich der Baumwolle gekratzt, auf der Kratzmaschine in Bänder verwandelt und übrigens wie der Flachs behandelt wird.

Das Leingarn wird gehaspelt, dann entweder roh, oder gebleicht zu Geweben verarbeitet. Die durch Drehen (Zwirnen) vereinigten Fäden irgend eines Gespinnstes bilden den Zwirn.

Weben des Leingarnes.

Beim Weben des Garnes werden Fäden parallel neben einander aufgespannt (die Kette) und durch dieselben Fäden so rechtwinklig geführt (der Einschuss, Schuss, Einschlag), dass dichte Gewebe entstehen, die man mit dem Namen leinene Zeuge zusammenfasst. Durch die Umkehr des Einschusses an den beiden Rändern des Gewebes, wobei derselbe die äussersten Kettenfäden umschlingt, entsteht die Kante oder Sahlleiste.

Leinene Zeuge.

Arten der Leingewebe.

Die wichtigsten Leinwandsorten sind ohne Zweifel die glatten weissen, welche die Namen Leinwand, Leinen oder Linnen führen. Doch werden auch geköperte und gemusterte sehr häufig angewendet. Zur Verfertigung farbigen Zeugs muss das dazu bestimmte gefärbte Garn schon beim Aufbäumen geordnet werden, und beim Weben selbst, welches allerdings mühsamer als das der gewöhnlichen glatten weissen Zeuge ist, muss der Arbeiter eben so viele Schützen haben, als beim Einschlage Fäden von verschiedener Farbe vorhanden sein sollen. Der zu Tafelzeugen bestimmte leinene Damast, welcher grosse Muster wie Blumen, Landschaften, Porträts u. s. w. enthält, wird eben so, wie der Drell oder Zwillich, auf dem Jacquard-Stuhl gewebt. Der Zwillich ist auf beiden Seiten rechts, während der leinene Damast dies bloss auf einer Seite ist. Beim Zwillich bildet der Einschlag die Figuren, während dies beim Damast durch die Kette geschieht.

Der Batist ist eine aus dem feinsten Gespinnst nicht sehr dicht gewebte Leinwand. Der Flachs dazu wird mit besonderer Sorgfalt gebaut, damit er eine bestimmte Länge erreiche, und das Weben des Zeugs verrichtete man früher in sehr hellen und feuchten Kellern, um das Zerreissen der zarten Fäden möglichst zu verhüten, jetzt ist dies nicht mehr der

Fall, sondern man wendet zum Befeuchten eine Lösung von Chlorcalcium an. Das Kammertuch, welches man oft mit Batist verwechselt, ist eben so fein, als der Batist, aber weniger dicht. Aus der Picardie erhalten wir Kammertuch von so grosser Feinheit, dass ein Stück von 22 Ellen kaum 12 bis 16 Loth wiegt. Schleier, Klar oder Schier unterscheidet sich von dem Batist nur durch grössere Lockerheit des Gewebes. Fast eben so locker ist Linon, welches das Mittel zwischen Batist und Schleier hält. Die leinene Gaze, ein dünnes, florartiges gewebtes Zeug ist dem Linon ähnlich. Creas, eine ursprünglich spanische feine Leinwand, aus vorher schon gebleichtem Garn gewebt, nimmt nach dem Mangen und Glätten ein sehr angenehmes, seidenartiges Ansehen an. Der Tüll (den man auch aus Baumwollengarn macht) ist ein aus gebleichtem Leingarn durchbrochen gewebtes Zeug, welches stark gesteift und unter andern zum Durchnähen mit Zierrathen benutzt wird.

Die gröbste, meistens hänfene Leinwand ist das Segeltuch, das Matrosenlinnen und die Pack- und Sackleinwand. Das sogenannte Bleichtuch ist eine Art grober Leinwand, welche in den Wachsbleichen zu der Unterlage des zu bleichenden Wachses gebraucht wird.

Appretur. Die fertigen Zeuge werden gebleicht und dann, um ihnen ein gefälliges Ansehen zu geben, appretirt. Die Appretur zerfällt in das Stärken, Glätten und Pressen. Durch das Stärken wird die Leinwand steif und zur Annahme des Glanzes geeignet. Das Glätten und Pressen geschieht entweder auf Mangen oder Rollen, oder vermittelst eines aus 3—5 Walzen bestehenden Kalanders. — Von dem Bleichen der leinenen Zeuge wird weiter unten die Rede sein.

## Der Hanf und andere weniger wichtige Gespinnstpflanzen.

Hanf. Der Hanf (Cannabis sativa) wird hauptsächlich wegen des Bastes seiner Stengel angebaut. Der daraus gewonnene Faden ist zwar etwas grob, hat aber dafür ganz besondere Festigkeit und lässt sich daher kaum durch ein anderes Material zu Tauwerk und Segeltuch ersetzen. Nicht minder wird aber auch das Hanfgespinnst zu häuslichem Gebrauch vielfach verwendet. Die Verarbeitung der Hanfstengel stimmt im Wesentlichen mit jener des Flachses überein. Der Hanf wird nämlich im Wasser geröstet, getrocknet, gebrochen und auf der Hanfreibe zerquetscht. Die ältere Art derselben (Fig. 93 siehe nächste Seite) besteht aus einem grossen Steinkegel, der mit Hülfe einer Axe an einer vertikalen Welle angebracht ist und sich mit dieser in einer Kreisbahn bewegt. Vortheilhaft sind die neuen Hanfreiber (Fig. 94 siehe nächste Seite), deren Construction aus beistehender Zeichnung erhellt. Der geriebene Hanf heisst Reinhanf, der seiner Länge wegen beim Spinnen Schwierigkeiten darbietet und deshalb in 2 bis 3 Th. zerrissen wird, was man Stossen nennt. Hierauf folgt das Schwingen und Hecheln.

Fig. 93.

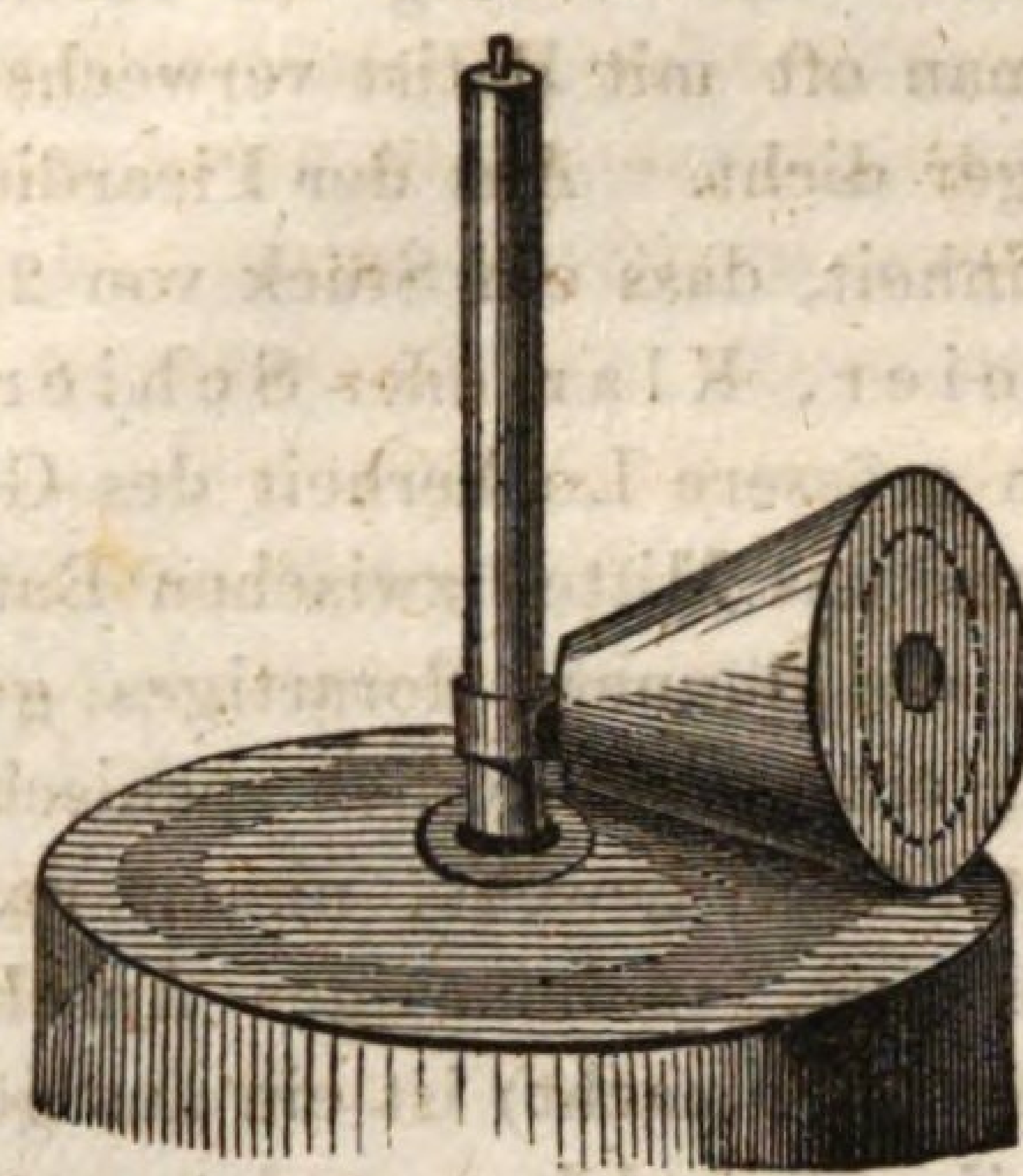
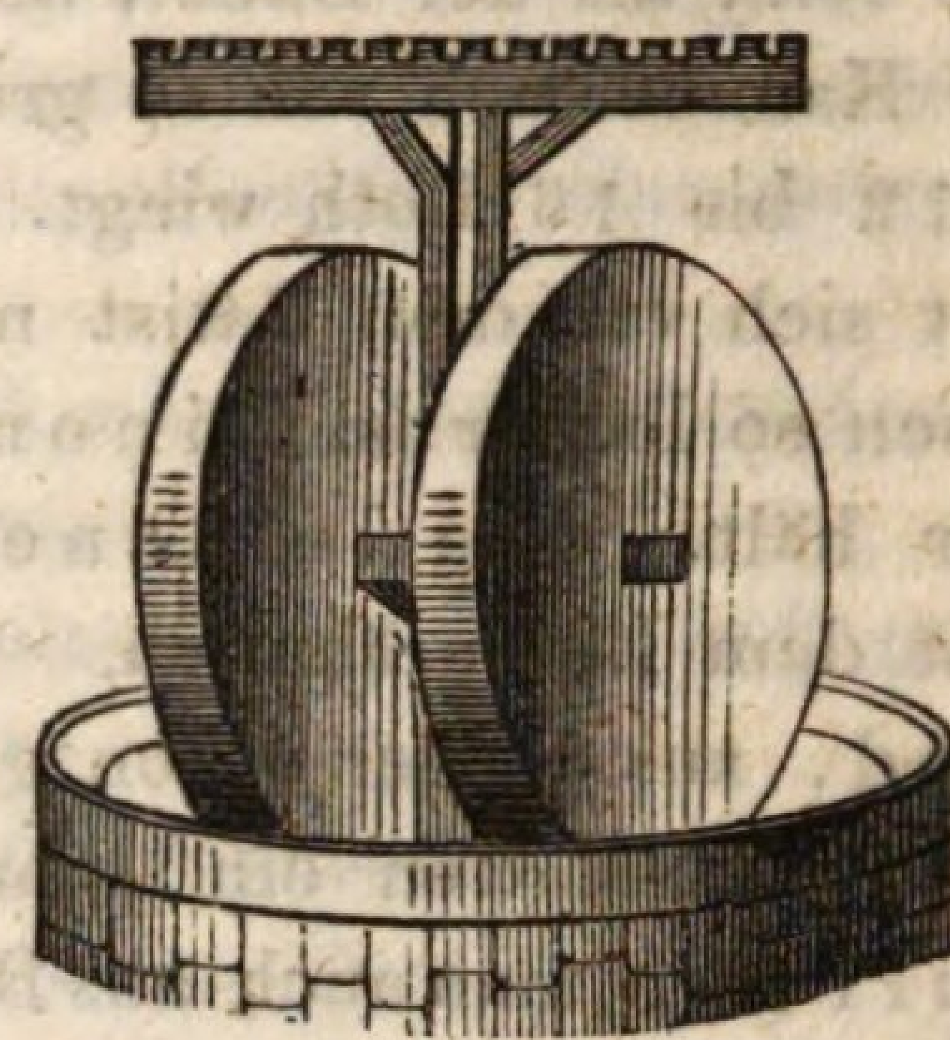


Fig. 94.



Andere Gespinnstpflanzen. Von den übrigen Gespinnstpflanzen seien angeführt:

*Urtica sive Boehmeria nivea*, wird in Ostindien und China in grosser Ausdehnung angebaut. Die zubereitete Bastfaser führt den Namen Tschu-ma (chinesisches Gras oder Chinagras). Sie übertrifft an Stärke den besten Lein um 50 pCt. und erträgt den wechselnden Einfluss der Feuchtigkeit viel besser als der gemeine Hanf. Gleichwohl lässt sie sich fast so fein als der Lein spinnen. Die sogenannte *Ramée* rührt entweder von einer Agave oder von *Musa textilis* her.

*Urtica dioica*, die gemeine Nessel, liefert einen feinen Bast, aus welchem das Nesseltuch dargestellt wird.

*Phormium tenax*, der neuseeländische Flachs oder die Flachslilie, eine in Neuseeland einheimische Gespinnstpflanze.

*Corchorus capsularis*, *C. textilis*, *C. olitorius*, *C. siliquosus*, die hanfartige Gemüslinde, in Ostindien und China einheimisch. Das Gespinnstmaterial ist ein brauner, grober und langer Faserstoff aus der Rinde und führt den Namen Jute (englisch *paut-hemp*). Es wird in England zu dickem Garn versponnen, woraus man Sack- und Packtuch webt. Zu Tauwerk kann die Jute den Hanf nicht ersetzen, da sie zu wenig Festigkeit besitzt und im Wasser fault.

*Asclepias syriaca*, die gemeine Seidenpflanze. Ihre Stengel liefern einen groben, hanfartigen Bast. Die Samen sind in den Kapseln mit einer Wolle umgeben, welche hoffen liess, sie als Gespinnstmaterial verwenden zu können; sie hat sich aber dazu nicht bewährt und war bloss als Polstermittel verwendbar.

Als Gespinnstpflanze ist endlich neuerdings die *Girardinia aculeata* empfohlen worden.

## Die Baumwolle.

Baumwolle. Die Baumwolle (*Coton*) ist die Samenwolle der Früchte mehrerer Staudengewächse aus der Gattung *Gossypium*, welche in allen warmen Ländern, besonders in Asien, in Amerika, in beiden Indien, in der Levante, auf Sicilien, Malta und in Unteritalien angebaut werden. Die Frucht besteht aus einer drei- bis fünffächerigen Kapsel von der Grösse einer welschen Nuss, in der sich die erbsengrossen schwarzen Samen von weisser Wolle umgeben befinden. In einer Art der Baumwollenstaude (*Gossypium religiosum*) ist die Baumwolle gelb gefärbt; sie wird von den Chinesen zur Fabrikation des Nanking angewendet. Wenn die

Kapseln reif sind, so platzen sie auf und die Wolle tritt heraus; in jeder Zelle liegt ein Büschel Baumwolle, deren Fasern an den Samen festsitzen. So wie die Baumwolle nach Europa kommt, hat sie schon an ihren Erzeugungsorten eine vorläufige Reinigung erlitten, indem sie egrenirt, d. h. von den Samenkörnern sorgfältig befreit worden ist. Wollte man die Baumwolle mit den Samen verpacken, so würde dieselbe schmutzig und ölig, und zum Verspinnen untauglich werden. In den Vereinigten Staaten, wo der Aufschwung der Baumwollenerzeugung ein ausserordentlicher, wendet man zum Egreniren eine von den Walzwerken verschiedene Maschine an, nämlich die Entkörnungsmaschine von Whitney, deren wirkende Haupttheile Kreissägeblätter sind. Es befinden sich an einer horizontalen Achse 18 bis 20 solcher Sägeblätter, die sich wenigstens 100mal in einer Minute umdrehen. Diese Sägen greifen mit einem Theile ihrer Peripherie zwischen den Stäben eines engen Gitters durch, fassen mit ihren spitzen Zähnen die dort hingelegte Baumwolle und ziehen sie herum, ohne die Samenkörner mitzunehmen, da für diese die Oeffnungen des Gitters zu eng sind. Bei zwanzig Sägeblättern reinigt eine solche Maschine gegen 400 Pfund, bei 80 Sägeblättern bei einer Consumtion von 2 Pferdekräften gegen 5000 Pfund rohe Baumwolle. Man benutzt die Baumwollensamen zum Verfüttern, zum Düngen und zur Oelbereitung (in Amerika erhält man aus 30 Pfund Baumwolle Körner zu einem Pfund Oel).

Arten der Baumwolle. Man unterscheidet die Baumwolle nach den Ländern und nach den Stapelplätzen als nordamerikanische (Sea Island, Louisiana, Alabama, Tennessee, Georgia, Virginia), südamerikanische (Fernambuk, Siara, Bahia u. s. w.), columbische, peruanische, westindische (Domingo, Bahama, Barthelemy), ostindische (Surate, Manilla, Bengal, Bombay), levantische (macedonische, smyrnaer) und europäische (spanische: Motril, sicilianische: Castellamare und Bianca, maltesische) Sorten.

Spinnen derselben. Um die rohe Baumwolle zum Verspinnen vorzubereiten, wird sie gereinigt und in ihren ursprünglichen lockeren Zustand übergeführt. Dieses Oeffnen geschieht durch verschiedene Maschinen, so durch

Oeffnen der Baumwolle. den Wolf (oder Teufel), der das Auflockern durch einen mit spitzigen Zähnen versehenen Cylinder bewirkt, den Willow (oder Zauseler), eine dem Wolf ähnliche Maschine, aber mit stumpfen Stiften oder Pflöcken versehen, die Flackmaschine (Schlagmaschine), wesentlich aus einem Flügelrad und einem Ventilator bestehend, die Schläge der Flügel trennen die Wollfasern von den Unreinigkeiten, die von dem Wind fortgeweht werden oder durch den Rost fallen; zugleich wird die Baumwolle in Watte verwandelt und diese Watte zu Wickeln aufgerollt.

Krempeln der gereinigten Baumwolle. Jetzt werden die Fasern der Baumwolle völlig parallel gelegt und die Baumwolle in ein Band umgewandelt, das sich der Gestalt eines Fadens schon entfernt nähert. Man erreicht das Parallellegen der Fasern durch die Gegeneinanderwirkung von Flächen, die mit kleinen Häkchen von Eisendraht besetzt sind (Kratzenblätter),

mit Hülfe der Kratz- oder Krempelmaschine, welche in die Vorkratze (Reisskrempel), die Feinkratze (Feinkrempel) und in die Streckmaschine (Laminirstuhl) zerfällt. Die erstere Maschine liefert eine lockere dünne Watte, die zweite ein wurstförmiges Band, welches durch die Streckmaschine in die Länge gestreckt wird.

Vorspinnen. Die Umwandelung dieser gestreckten Bänder in Vorgespinnst geschieht entweder durch geringe aber bleibende Drehung (auf der Flaschenmaschine oder Laternenbank, auf der Spulmaschine, Spindelbank oder Flyer, oder auf der Vorspinnmule) oder durch starke, aber vorübergehende Drehung (auf der Röhrenmaschine, Eklipsmaschine oder der mit letzterer verwandten Würgelmaschine). Das Vorgespinnst ist entweder grob (Lunte) oder fein (Vorgarn).

Feinspinnen. Das Ausziehen des Vorgespinnstes zu Feingespinnst (Garn, Twist) geschieht entweder durch zeitweises Festhalten des Fadens vermittelst einer Klemme (auf der Jenny, die jetzt nicht mehr angewendet wird), oder durch ununterbrochenes Ausziehen zwischen Walzenpaaren, von denen die nächstfolgenden schneller sich umdrehen, als die vorhergehenden (auf der Drosselmaschine und der Mulemaschine, welche, wenn Handarbeit zur Bewegung des zum Spinnen und Aufwinden der Fäden erforderlichen Wagens dient, Handmule, bei Anwendung von Dampf- oder Wasserkraft Selfactor genannt wird).

Garn. Das von den Spinnmaschinen gelieferte Garn unterscheidet man als Muletwist und Watertwist; ersteres zeichnet sich durch seine lockere, wenig gedrehte Beschaffenheit aus. Letzteres ist stärker gedreht und wird ausschliesslich als Kettgarn verarbeitet.

Baumwollgewebe. Die Baumwollgewebe sind: 1) glatte (leinwandartige), 2) geköperte, 3) gemusterte und 4) sammtartige.

a) Zu den glatten (leinwandartigen) Baumwollgeweben a) mit parallelen Kettfäden gehören: 1) Kattun (als Druckkattun oder als Baumwoll-Leinwand); 2) Nanking; 3) Shirting (Hemdenkattun, Futterkattun); 4) Kambrik (Kammertuch); 5) Baumwollbattist (schott. Battist); 6) Jaconet; 7) Perkal (zum Druck bestimmter Perkal heisst Kaliko); 8) die aus ganz oder theilweise gefärbtem Garn gewebten Zeuge Gingham, Baumwoll-Barège, Haincord; 9) die locker gewebten Zeuge Musselin (Vapeur, Zephyr), Organdin (Mull, Linon); Baumwoll-Stramin; b) mit gekreuzten Kettfäden; 10) Tüll und Gaze.

b) Zu den geköperten Baumwollstoffen gehören: 1) Köper oder Croisé; 2) Baumwollmerino; 3) Drill oder Drell; 4) Bast; 5) Satin (englisch Leder); 6) Barchent (*fustian*).

c) Der gefärbte rauhe und gleich dem Wolltuch geschorene Barchent heisst Beaverteen, der feinere Moleskin.

d) Zu den gemusterten Baumwollstoffen gehören: 1) Dimity (Wallis); 2) gemusterte Drelle und Barchente; 3) Baumwolldamast; 4) Piqué.

e) Zu den sammtartigen Baumwollstoffen gehören: 1) Manchester; 2) Baumwollsammt (*velvet*).

Stellvertreter der Baumwolle.

Es sind verschiedene Ersatzmittel für die Baumwolle vorgeschlagen worden. Man hat bis jetzt aber noch kein Material gefunden, das vollkommen die Baumwolle zu ersetzen im Stande wäre. Einige dieser sogenannten Ersatzmittel sind die schwarze Pappel (*Populus nigra*) und die Espe (*P. tremula*), deren Wolle nur die Elasticität fehlt, um als Stellvertreter der Baumwolle dienen zu können, die Binse (*Juncus effusus*), die deutsche Tamariske, Disteln und Grauwolle (*Agrostis*), die *Salix pentandra* und die Flachsbaumwolle.

Cottonisiren des Flachses.

Vor einigen Jahren hat die Bereitung der Flachsbaumwolle durch Claussen, oder das Verfahren, kurzfaserigen Flachs darzustellen, welcher gefilzt, gekratzt und auf der Baumwollspinnmaschine entweder für sich oder mit Baumwolle versponnen werden kann, überhaupt in den Haupteigenschaften mit der Baumwolle übereinstimmen soll, viel von sich reden gemacht, indem man schon die Hoffnung hegte, dass dadurch der Baumwollindustrie ein inländisches Rohmaterial gegeben worden sei. Was den Flachs in dieser Beziehung von der Baumwolle unterscheidet, ist die Zusammengesetztheit und die Länge seiner Faser. Letztere soll auf einer Schneidemaschine auf die Länge der Baumwollfaser reducirt, das Auflösen der zusammengesetzten Fasern in Primitivfasern auf chemischem Wege bewirkt werden. Claussen bringt zu diesem Zweck den Flachs in eine concentrirte Lösung von zweifach kohlensaurem Natron, und sodann in ein saures Bad (1 Th. Schwefelsäure und 200 Th. Wasser). Der Flachs verwandelt sich dadurch in eine weiche flaumige Masse, die im gebleichten Zustande der Baumwolle ähnlich ist. Das Claussen'sche Verfahren ist aber keine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung des Flachses, da derselbe seine Haupteigenschaften, Länge und Stärke, durch das Cottonisiren verliert, ausserdem auch die Festigkeit der Faser dabei leidet.

### *Die Unterscheidung der Baumwoll- von der Leinfaser.*

Unterscheidung der Baumwollfaser von der Leinfaser.

Durch das jetzt sehr übliche Verspinnen und Verweben von mit Baumwolle gemischten Leinen ist ein sicheres Mittel Bedürfniss geworden, Baumwolle von Leinen zu unterscheiden. Die Prüfungsmethoden zur Unterscheidung beider gründen sich entweder auf geringe chemische Unterschiede, oder auf unter dem Mikroskop wahrnehmbare Verschiedenheiten in der Gestalt. Die chemischen Verschiedenheiten der Leinfaser und der Baumwolle sind zu geringe, als dass die Prüfungsmethoden, die sich darauf gründen, hinlängliche Sicherheit für die Unterscheidung in schwierigen Fällen gewähren könnten. Thierfasern (wie Seide

und Schafwolle) und Pflanzenfasern zu Geweben verarbeitet, unterscheiden sich chemisch dergestalt von einander, dass schon ihr Verhalten zu chemischen Agentien zur Unterscheidung vollkommen hinreicht.

Die physikalische Beschaffenheit der Fasern, z. B. die Art und Weise, wie die Fasern Farbstofflösungen aufnehmen, wie sie durch Oel mehr oder weniger durchscheinend werden, liefert uns Prüfungsmethoden, die für einzelne Fälle, wie wenn es sich um den Nachweiss von Baumwolle in Leinwand handelt, sehr wohl anzuwenden, aber keineswegs unfehlbar sind. Einige der älteren Methoden sind auch in der Zukunft nicht zu entbehren. Eine genügende Sicherheit in schwierigen Fällen gewährt aber nur das Mikroskop.

Von den wichtigeren Prüfungsmethoden zur Erkennung der Baumwolle in leinenen Geweben seien folgende angeführt:

Die Schwefelsäureprobe, von Kindt und Lehnert empfohlen. Die mit Seifenwasser etc. vollkommen von der Appretur befreite trockne Probe taucht man zur Hälfte in Schwefelsäure von 1,83 spec. Gewicht, und zwar 1 — $1\frac{1}{2}$ Minute lang ein; alsdann wirft man sie in Wasser, woselbst sie einige Augenblicke ruhig bleibt, um dann ausgewaschen und getrocknet zu werden. Die Schwefelsäure zerfrisst die Baumwolle um sehr viel rascher als das Leinen; es werden daher gemischte Fäden verdünnt, rein baumwollene Fäden ganz entfernt. Da reines Leinen indessen ebenfalls verdünnt wird, so ist die Probe im ersten Falle etwas misslich, aber im anderen Falle sicher. Gefärbte Muster werden am besten zuerst entfärbt oder gebleicht.

Die Farbeprobe, von Elsner, ist in sehr vielen Fällen brauchbar, aber nicht immer ausreichend, namentlich bedarf sie eines sehr geübten Auges, um die feinen Farbenunterschiede zu erkennen. Als Farbetinktur wählt man den weingeistigen Auszug der Färberröthe (Rubia tinctorum). Ein halb Loth der zerschnittenen Wurzel wird in einem Glaskolben mit 6 Loth Alkohol von $94^0/_0$ übergossen und 24 Stunden lang bei gewöhnlicher Temperatur unter öfterem Umschütteln damit in Berührung gelassen. Die dadurch entstandene klare, braungelbe Tinktur wird durch weisses Löschpapier filtrirt und zum Gebrauche aufbewahrt. Reine Leinengewebe färben sich beim Eintauchen in diese Tinktur nach $^1/_8$—$^1/_4$ Stunde gleichförmig unrein orangeroth, reine Baumwollgewebe dagegen gleichförmig gelb; das Ganze erscheint daher nicht mehr gleichförmig gefärbt, sondern gestreift. Werden die Gewebestreifen vor dem Eintauchen an den Kanten 2 Linien breit ausgezupft, was übrigens von wesentlichem Einfluss auf die Erkennung der einzelnen Fäden ist, so tritt die Erscheinung so deutlich hervor, dass die einzelnen verschieden gefärbten Fäden von Leinen und Baumwolle an den ausgezupften Kanten mit Leichtigkeit gezählt werden können.

Die von Elsner vorgeschlagene Entfärbungsprobe gründet sich darauf, dass der mit Cochenille gefärbte Leinfaden sich später ent-

färbt, als der ebenso gefärbte Baumwollfaden. Die zu prüfende Leinwand muss vor der Färbung durch Cochenille von aller Appretur befreit werden. Die gefärbte und getrocknete Probe wird auf die Oberfläche einer schwachen und filtrirten Chlorkalklösung gelegt. Die Entfärbung der Baumwolle erfolgt schon nach einigen Secunden.

Die Oelprobe, von Frankenstein angegeben, ist für ungefärbte Gewebe vortrefflich und wegen ihrer Einfachheit besonders zu empfehlen. Man taucht ein Stückchen der zu prüfenden Leinwand in Baumöl oder Rüböl. Das Oel wird vom Gewebe sehr schnell aufgesogen; durch gelindes Pressen zwischen Löschpapier entfernt man das überschüssige Oel. War das Gewebe gemischt, so erscheint dasselbe gestreift, der Leinfaden wird durchsichtig, der Baumwollfaden bleibt undurchsichtig. Legt man die mit Oel getränkte Leinwand auf eine dunkle Fläche, so erscheinen die jetzt durchscheinenden Leinenfäden dunkler, als die neben ihnen liegenden Baumwollfäden. Noch besser bewährt sich die Probe unter der Lupe. Auch hier ist es anzurathen, aus der Leinwand, ehe man sie mit dem Oele tränkt, mehrere Faden am Rande des zu prüfenden Gewebes zu zupfen.

Die Kaliprobe, von Böttger in Frankfurt a. M. angegeben. Aus Leinfasern bestehende Gewebe sollen in concentrirter Kalilösung innerhalb 2 Minuten tiefgelb gefärbt erscheinen, während aus Baumwolle bestehende Gewebe eine nur schwachgelbe Färbung annehmen; gemischte Gewebe sollen nach dieser Methode gestreift erscheinen. Die Kaliprobe gewährt nur geringe Sicherheit.

Die Verbrennungsprobe nach Stöckhardt. Ein Leinenfaden in senkrechter Stellung angebrannt, erscheint nach dem Erlöschen der Flamme am angebrannten Ende in glatter zusammenhängender Form verkohlt, während ein Baumwollfaden, eben so behandelt, sich pinselförmig ausspreizt. Dieser Versuch gelingt auch mit gefärbter Waare, die mit Chromgelb (chromsaurem Bleioxyd) gefärbten Gewebe ausgenommen.

Nach der Röstprobe wird das zu prüfende Gewebe, nach sorgfältigem Auswaschen der Appretur, in einem Glasrohr über der Spirituslampe so lange erhitzt, bis es strohgelb erscheint. Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop lassen sich dann die gekräuselten Baumwollfasern von den gestreckten glänzenden Flachsfasern unterscheiden.

Hanf und Flachs lassen sich, ausser durch das Mikroskop, nur schwierig von einander unterscheiden. Salpetersäure kann jedoch hierbei angewendet werden, da sich die Leinen-(Flachs-) fasern in gewöhnliche Salpetersäure getaucht, nicht färbt, während die Faser des Hanfes nach einigen Sekunden blassgelb erscheint, die Faser des neuseeländischen Flachses (Phormium tenax) dagegen blutroth gefärbt wird.

Nach O. Zimmermann soll die Beimischung von Baumwolle in Leinwand entdeckt werden können, wenn man das zu prüfende Gewebe 8—10 Minuten in ein Gemisch von 2 Theilen Salpeter und 3 Theilen

englischer Schwefelsäure eintaucht, auswäscht, trocknet und mit alkoholhaltigem Aether behandelt. Die beigemischte Baumwolle löse sich alsdann als Collodium auf, die Leinenfaser nicht.

Zur Unterscheidung thierischer und vegetabilischer Fasern wendet man das Anzünden an. Nähert man einen Seidenfaden der Lichtflamme, so entzündet er sich und verbreitet einen Geruch nach verbrennendem Horn oder Federn, brennt aber nur so lange fort, als man ihn in dem Grade, als er verzehrt wird, weiter in die Flamme schiebt. Entfernt man ihn aus der Flamme, so erlischt er, und an dem angebrannten Ende des Fadens bleibt eine schwarze, kohlige Masse, welche dicker ist als der Faden.

Bei einem Schafwollfaden beobachtet man die nämlichen Erscheinungen, nur ist der dabei auftretende Geruch noch widriger. Leinfaden und Baumwollfaden brennen auch nach dem Entfernen aus der Flamme fort, und es entwickelt sich dabei kein unangenehmer Geruch.

Man benutzt ferner zur Unterscheidung der Thier- und Pflanzenfasern das Kochen mit Kalilauge; Wolle und Seide lösen sich darin auf, Leinen und Baumwolle nicht.

Nach Pohl taucht man auch das zu prüfende Gewebe in eine etwas verdünnte Lösung von Pikrinsäure einige Minuten lang, und wäscht es dann sorgfältig aus. Wolle und Seide nehmen dabei eine ächte gelbe Farbe an, während Baumwolle und Leinen weiss bleiben. Diese Methode soll nicht nur bei gemischten Gewebe, sondern auch bei gemischten Fäden praktisch anwendbar sein.

Als die sicherste Prüfungsmethode ist die mikroskopische Untersuchung der Gewerbe zu bezeichnen*).

Die Leinfaser erscheint unter dem Mikroskop als walzenförmige, niemals platte, unter Wasser gesehen, niemals stark um sich selbst gedrehte Gestalt; sie ist ferner durch ihre schmale, oft nur als Längslinie erscheinende Innenhöhle chrakterisirt. Ausserdem ist die Leinenfaser mehr steif und gerade, als die biegsamere Baumwollfaser (Fig. 95 siehe Seite 371).

Die Hanffaser ist der Leinenfaser sehr ähnlich, unterscheidet sich von derselben durch ihre häufig verzweigten Enden und ihre starrere Beschaffenheit; ihre Innenhöhle ist gewöhnlich auch weit breiter.

Die Baumwollfaser bildet lange, schwach verdickte und deshalb bandartig zusammengefallene, platte Zellen, die unter Wasser gesehen, pfropfenzieherartig um sich selbst gewunden erscheinen (Fig. 96 siehe Seite 371).

Die Schafwollfaser ist die dickste aller Fasern; sie erscheint unter dem Mikroskop vollkommen stielrund und mit dachziegelförmig angeordnetem Oberhautschuppen versehen (Fig. 97 siehe nächste Seite).

*) Vergl. Dr. Hermann Schacht: Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe durch das Mikroskop, Berlin 1853.

Der Seidenfaden (Fig. 98) ist die dünnste aller Fasern; sie erscheint vollkommen rund, glatt, ohne Innenhöhle.

Will man einen verwebten Seidenfaden auf seine Aechtheit prüfen, so wird derselbe unter Wasser auf der Glastafel zerfasert, mit einem Deckglase bedeckt und unter dem Mikroskop betrachtet. Die schmale, runde und glänzende Seide unterscheidet sich sogleich von der mit Schuppen versehenen Wolle (Fig. 99) und der bandförmigen und gedrehten Baumwolle (Fig. 100).

Fig. 95.



Fig. 96.



Fig. 97.



Fig. 98.



Fig. 99.



Fig. 100.



## Die Schiessbaumwolle.

Schiessbaumwolle. Die Schiessbaumwolle (Schiesswolle, explosive Baumwolle, Pyroxylin, Fulmicoton) wurde im Jahre 1846 von Schönbein entdeckt, welcher ankündigte, dass dieselbe an Kraft das beste Pul-

ver fast um das Vierfache übertreffe, weder Rückstand noch Rauch gebe, wenig Kosten und Vorrichtungen zu ihrer Darstellung erfordere und bei dieser keine Gefahr veranlasse. Schönbein vereinigte sich mit Böttger in Frankfurt a. M., der dieselbe Substanz unabhängig von dem ersten entdeckt hat. Beide aber veröffentlichten ihr Verfahren nicht.

Darstellung.

Knop in Leipzig beschrieb eine Methode zur Darstellung der Schiessbaumwolle, die jetzt die allgemein angewendete ist. Man nimmt nach dieser Vorschrift gleiche Theile käufliche englische Schwefelsäure (von 1,75 — 1,8 spec. Gew.) und gewöhnliche rauchende Salpetersäure, mischt beide Flüssigkeiten in einer Porcellanschale und taucht dann in die Flüssigkeit so viel Baumwolle, als die Flüssigkeit aufzunehmen vermag, bedeckt das Gefäss mit einer Glasplatte und lässt das Ganze bei gewöhnlicher Temperatur einige Minuten lang stehen. Darauf nimmt man die Baumwolle heraus, wäscht sie mit kaltem Wasser, trocknet sie in warmer Luft und krämpelt sie nach dem Trocknen, um alle zusammengeballten Theile zu zertheilen. Die Baumwolle darf nicht zu lange Zeit in dem Säuregemisch stehen bleiben, weil sie sich sonst unter heftiger Entwickelung rother Dämpfe auflösen würde. Die in der Pulverfabrik zu Paris hinsichtlich der vortheilhaftesten Fabrikation der Schiessbaumwolle angestellten Versuche führten zu folgenden Erfahrungssätzen: 1) gleiche Theile Schwefel- und Salpetersäure und gereinigte Baumwolle, 2) die beste Zeitdauer scheint 10—15 Minuten zu sein, 3) das einmal gebrauchte Gemisch kann nochmals benutzt werden, dann aber ist die Baumwolle eine längere Zeit einzutauchen, 4) das Präparat muss langsam getrocknet werden, namentlich darf man dasselbe, so lange es feucht ist, keiner höheren Temperatur als $100^0$ aussetzen, 5) durch Imprägniren mit Salpetersäure erhält die Baumwolle noch mehr Kraft.

Eigenschaften der Schiessbaumwolle.

Die Schiessbaumwolle hat das Ansehen gewöhnlicher Baumwolle und ist selbst unter dem Mikroskop nicht von derselben zu unterscheiden. Sie fühlt sich aber rauher an und hat an Elasticität verloren; sie ist in Wasser, Alkohol und Essigsäure unlöslich, schwer löslich in reinem Aether, leicht löslich in alkoholhaltigem Aether und Essigäther. Bei längerem Aufbewahren erleidet die Schiessbaumwolle eine freiwillige Zersetzung, die sogar mit einer Selbstentzündung endigen kann; bei dieser Zersetzung entwickeln sich Wasserdämpfe und salpetrige Säure, und der zurückbleibende Theil enthält Ameisensäure. Die Angaben über die Temperatur, bei welcher die Schiessbaumwolle sich entzündet, sind nicht übereinstimmend. Häufig lässt sich die Schiessbaumwolle bei $90—100^0$ ohne Gefahr der Entzündung trocknen, während die Entzündung schon bei $43^0$ vorgekommen sein soll. Die Explosion aber eines kleinen mit Schiessbaumwolle angefüllten Magazins im *Bois de Vincennes* in Paris, das an einem Tage stark von der Sonne beschienen wurde, so wie die fürchterlichen Explosionen in le Bouchet und in Faversham, wo die Temperatur des Trockenraumes nicht über $45—50^0$ steigen konnte, machen die grösste

Vorsicht beim Trocknen und der Aufbewahrung der Schiessbaumwolle nothwendig. Sie entzündet sich ferner durch starken Stoss und Schlag, und hinterlässt nach der Verbrennung keine Spur von Rückstand. Auf gekörntem Schiesspulver abgebrannt, entzündet sie dasselbe nicht. Die Schiessbaumwolle ist sehr hygroskopisch, und lässt sich selbst längere Zeit unter Wasser aufbewahren, ohne ihre explosiven Eigenschaften einzubüssen. Nach den besten Analysen hat die Schiessbaumwolle die Formel der:

Trinitro-Cellulose, $C_{12}\,H_7\,(NO_4)_3\,O_{10}$,

sie ist demnach zu betrachten als Baumwolle $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$, in welcher 3 Aequiv. Wasserstoff durch 3 Aequiv. Untersalpetersäure ersetzt worden sind. Wenn wir von der Schwefelsäure, deren Anwendung zur Darstellung der Schiessbaumwolle durch ihre wasserbildende Eigenschaft bedingt ist, absehen, so lässt sich die Umwandelung der Baumwolle in Schiessbaumwolle durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$\underbrace{C_{12}\,H_{10}\,O_{10}}_{\text{Baumwolle}} + 3\,N\,O_5 = \underbrace{C_{12}\,H_7\,(N\,O_4)_3\,O_{10}}_{\text{Schiessbaumwolle.}} + 3\,HO.$$

Wenn bei der Darstellung die Cellulose gänzlich in Trinitro-Cellulose übergeht, so müssen 100 Th. Baumwolle 185 Th. Schiessbaumwolle geben; wenn sie sich in Binitro-Cellulose verwandelt, müssen 100 Th. Baumwolle 155 Th. Schiessbaumwolle bilden. Die Versuche gaben ein mittleres Resultat; 100 Th. Baumwolle gaben:

| | | |
|---|---|---|
| Pelouze (bei 10 Versuchen) | 168—170 | Th. Schiessbaumwolle. |
| Schmidt und Hecker | 169 | „ „ |
| Vankerckhoff und Reuter | 176,2 | „ „ |
| W. Crum | 178 | „ „ |

Die Zersetzungsproducte der entzündeten Schiessbaumwolle sind im luftleeren Raume Stickstoffoxyd, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, Wassergas und Stickstoffgas; im lufterfüllten Raume mit Ausnahme von Stickstoff und Kohlenwasserstoffgas dieselben Körper, ausserdem aber noch salpeterige Säure und Cyan.

Schiessbaumwolle als Ersatzmittel des Schiesspulvers.

Die Anwendung der Schiessbaumwolle anbelangend, so scheint es, als ob sich dieselbe als Ersatzmittel für das Schiesspulver nicht practisch erweisen wollte. Obgleich es den Anschein hat, als wäre die Schiessbaumwolle ihrer Leichtigkeit, Reinlichkeit, der Gefahrlosigkeit des Transports wegen, dem Schiesspulver vorzuziehen, so liegen doch bedeutende Unbequemlichkeiten in ihrem grossen Volumen und den damit verbundenen Schwierigkeiten des Transports, so wie in der Erzeugung einer grossen Menge von Feuchtigkeit (Wasser und salpetriger Säure) in dem Rohre, welche beim Schuss nachtheiliger als der feste Pulverrückstand wirkt. Im stark comprimirten Zustand wirkt die Schiessbaumwolle durchaus nicht; sie ist demnach zu Zündern, Raketen u. s. w. nicht anwendbar. Die günstigsten Resultate wurden bei der Anwendung der Schiessbaumwolle zum Sprengen erhalten. Einigen Versuchen zu-

Ferner Anwendung der Schiessbaumwolle. folge ersetzt ein Theil Schiessbaumwolle 6—11 Theile Schiesspulver. Pelouze empfiehlt die Schiessbaumwolle mit chlorsaurem Kali gemengt zur Füllung der Zündhütchen, die so dargestellten Zündhütchen sind aber weder sicher noch kräftig genug. Derselbe Chemiker stellte ferner die Idee auf, dass es möglich sein dürfte, Schiessbaumwolle als Nahrungsmittel anzuwenden, indem man stickstofffreie Substanzen durch Behandeln mit Salpetersäure in stickstoffhaltige umwandelt.

Collodium. Maynard benutzt die Auflösung der Schiessbaumwolle in Aether als klebendes Mittel und bezeichnet dasselbe mit dem Namen Collodium. Diese Lösung ist von Syrupsconsistenz. Bringt man dieselbe als dünnen Ueberzug auf die Haut, so bildet sich durch Verdunsten des Aethers eine fest anhängende, undurchdringliche Schicht. Sie dient in der Chirurgie zum schnellen Verschliessen von Schnittwunden statt des englischen Pflasters, zur Erzeugung photographischer Bilder auf Glas, als wasserdichter Ueberzug statt des Harzfirniss etc. Wenn man dieselbe der Luft aussetzt, so verdunstet der darin enthaltene Aether und hinterlässt ein dünnes, festes Häutchen, das in Wasser und Weingeist vollkommen unlöslich ist, und mit der trocknen Hand gerieben, in hohem Grade negativ elektrisch wird. Eine vollkommen zusammenhängende und luftdichte Platte von Collodium kann so dünn dargestellt werden, dass sie die Farben der Newton'schen Ringe zeigt.

Legray stellt durch folgendes Verfahren eine Schiessbaumwolle dar, die sich vollständig in Aether löst: Man mischt 80 Gr. pulverisirten und getrockneten Kalisalpeter mit 120 Gr. englischer Schwefelsäure; die breiartige Mischung wird, wenn sie sich zu stark erhitzt haben sollte, durch Eintauchen des Gefässes in kaltes Wasser abgekühlt; hierauf bringt man 4 Gr. getrockneter Baumwolle hinein und arbeitet sie mit einem Porcellan- oder Glasspatel etwa fünf Minuten lang darin herum. Man bringt nun das Ganze in eine Schale mit Regenwasser, und sucht so schnell als möglich durch Zapfen und Drücken die Säure von der Baumwolle zu trennen. Nachdem durch mehrmaliges Auswaschen mit erneuerten Portionen frischen Wassers alle Säure entfernt worden, trocknet man die Baumwolle in gelinder Wärme.

Nach Mann kommt es bei der Bereitung der Collodiumbaumwolle vorzüglich auf den Wassergehalt der Schwefelsäure, auf die Temperatur und Zeit bei der Einwirkung und auf die Gegenwart einer gewissen Menge Untersalpetersäure in der Salpetersäure an. Eine Schwefelsäure von 1,830—1,835 bei 15° (enthaltend 94 pCt. Monohydrat) eignet sich am besten zur Zersetzung des Salpeters. In einem Glascylinder übergiesst man 20 Th. gepulverten Salpeter mit 31 Th. Schwefelsäure und rührt beide so lange um, bis der Salpeter ganz zergangen ist. In die noch heisse Mischung, deren Temperatur aber höchstens 50° betragen darf, trägt man alsdann die Baumwolle ein und arbeitet gut durch, worauf man den Cylinder mit einer Glasplatte bedeckt und das Ganze ungefähr 24

Stunden lang bei einer Temperatur von 28—30° stehen lässt. Das Gemenge wird mit kaltem Wasser so lange ausgewaschen, bis die zurückbleibende Wolle nicht mehr sauer reagirt. Die noch feuchte Wolle wird zuletzt durch die Behandlung mit kochendem Wasser von den letzten Spuren schwefelsauren Kalis, die von der Faser der Baumwolle hartnäckig zurückgehalten werden, befreit. Bleibt die Baumwolle 5—6 Tage lang bei ungefähr 30° in der Mischung liegen, so gewinnt die Collodiumwolle nur an Güte. Eine 10—20 Minuten lange Behandlung der Baumwolle giebt ein vollkommenes Präparat.

Auch mit Natronsalpeter kann Collodiumwolle erhalten werden; man wendet an 33 Th. Schwefelsäure von 1,80 spec. Gewicht, 17 Th. Natronsalpeter und $^1/_2$ Th. Baumwolle.

Nach Béchamp erhält man stets lösliche Schiessbaumwolle, wenn man die Baumwolle in das noch heisse Gemisch von Salpeter und Schwefelsäure eintaucht und nicht wartet, bis dasselbe erkaltet ist; im entgegengesetzten Falle ist das Product unlöslich, man kann es aber löslich machen, indem man es ein zweites Mal in das warme Gemenge der Säure mit dem Salpeter eintaucht.

Essigäther, essigsaures Methyloxyd, Holzgeist und Aceton lösen gleichfalls die Collodiumwolle auf; alkoholfreier Aether scheint auf dieselbe nicht einzuwirken.

Anhang zur Schiessbaumwolle. Durch gleiches Behandeln mit dem oben erwähnten Säuregemisch kann man auch Werg, Holzspäne, Stroh, Zucker, Stärke und besonders Mannit explosiv machen. Der letztere (Knallmannit) wird in der Folge erwähnt werden*).

## Die Papierfabrikation.

Papierfabrikation. In den ältesten Zeiten wendete man Stein, Metall, Holz, Rinde und ähnliche Gegenstände an, um darauf durch Zeichen Gedanken mitzutheilen. Später benutzte man zu diesem Zwecke Häute und Baumblätter, vorzüglich die Blätter des Palmbaums. 600 J. v. Chr. jedoch fing man in Aegypten an, Papier aus den bastartigen, fest auf einander geleimten Häuten des Papyrus-Schilfs (*Cyperus paperus*) zu verfertigen. Am Ende des 11. Jahrhunderts n. Ch. erfand man das Baumwollpapier,

*) Wenn man nach Vohl Schiessbaumwolle in Aetzkali löst, zu der Lösung etwas salpetersaures Silberoxyd und so viel Ammoniak setzt, dass das anfänglich ausgeschiedene Silberoxyd sich wieder löst, so nimmt die Flüssigkeit in einigen Minuten eine braune Färbung an und das Silber schlägt sich auf der Oberfläche des Glases metallisch nieder. Der so erzeugte Metallspiegel ist weit schöner und gleichförmiger, als der mittelst ätherischer Oele (vergl. Seite 120) und Aldehyd-Ammoniak erzeugte; es ist daher sehr wahrscheinlich, dass das Verfahren selbst die Belegung mit Quecksilber und Zinn verdrängen wird. Alle organische Substanzen, die durch Salpetersäure explosiv werden können, besitzen die Eigenschaft, in ihrer alkalischen Lösung Silber aus Flüssigkeiten metallisch zu fällen.

und erst gegen das Ende des 13. Jahrhunderts fabricirte man das Papier aus leinenen Lumpen. Jetzt bedient man sich als Rohmaterial für die Papierfabrikation allgemein leinener und baumwollener Lumpen, und zwar der ersteren für feinere Papiere (Schreib- und Druckpapier), der letzteren für ordinäre Sorten (Fliess- und Packpapier) und Pappe. Ein Gemenge von 4 Th. leinenen und 1 Th. baumwollenen Lumpen wird zum Lithographiepapier benutzt, das schwammig und wassereinsaugend sein muss. In neuerer Zeit haben auch Stroh und Holz eine grosse Wichtigkeit als Rohmaterialien der Papierfabrikation erlangt.

Begriff von Papier.

Das Papier besteht aus Blättern von verschiedener Dicke, die aus kleinen, unregelmässig durch einander liegenden, durch Adhäsion zusammengehaltenen Fasern gebildet sind. Die Materialien werden zuerst durch mechanische Mittel zu einer solchen Masse von Fasern (zum Papierzeug) verkleinert, diese Masse im breiartigen Zustande ausgebreitet und aus den dünnen gleichartigen Schichten das Wasser, durch Filtration, durch mechanischen Druck und endlich auch durch Verdunstung entfernt.

Sortiren der Lumpen. Zerschneiden derselben.

Behufs der Papierfabrikation werden die Lumpen zunächst nach dem Grade der Feinheit ihres Gewebes sortirt und namentlich die gefärbten von den ungefärbten getrennt. Darauf werden dieselben zwischen zwei Messern, dem Lumpen- oder Hadernschneider, der im Wesentlichen einer Häckerling- oder Tabakschneidemaschine gleicht, in kurze, ungefähr zollbreite Stücke zerschnitten. Die

Waschen u. Auslaugen derselben.

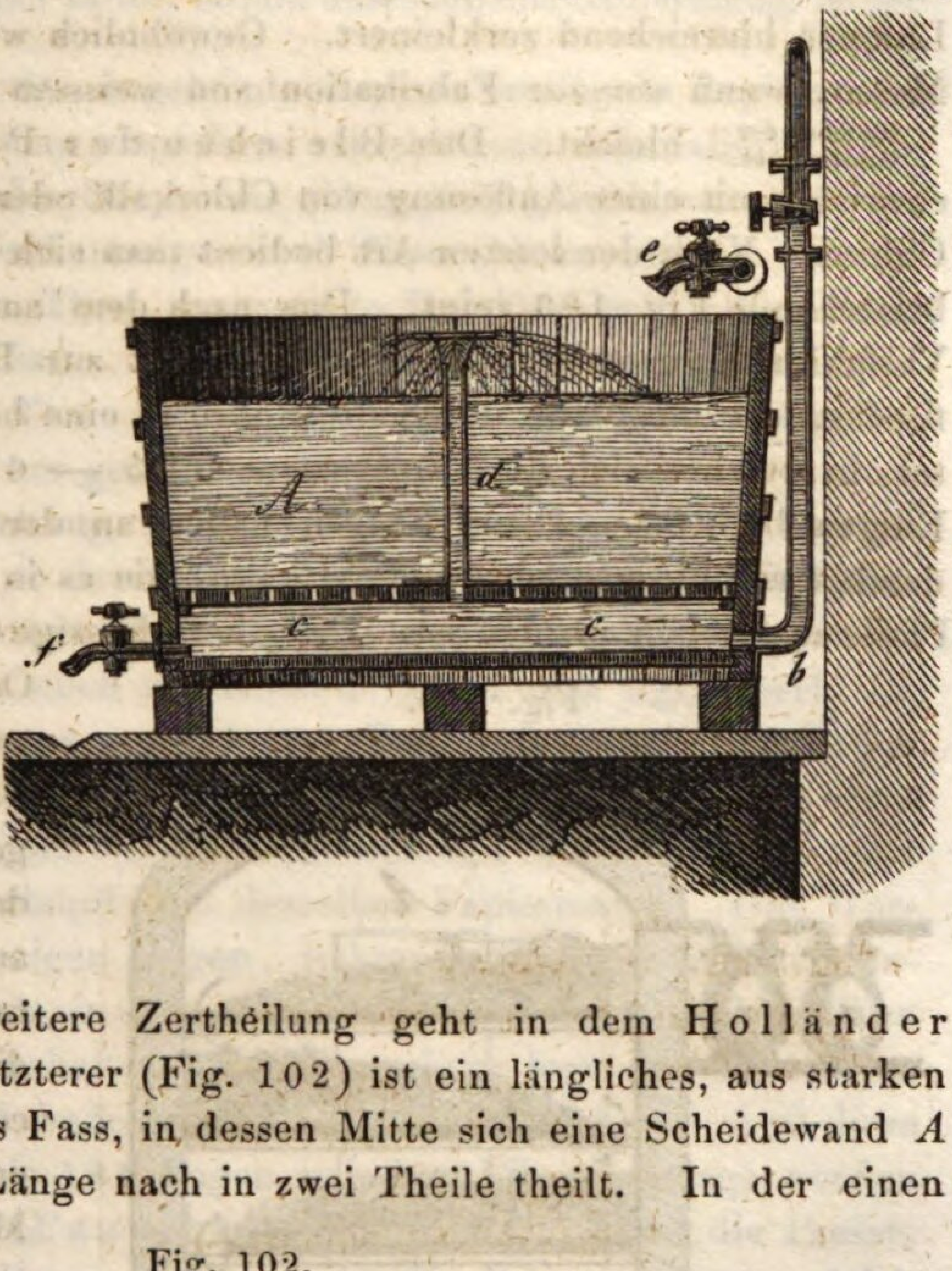
zerschnittenen Lumpen werden sodann durch Herumdrehen in einem Drahtcylinder aufgelockert und vom Staube befreit, und darauf ausgelaugt und gewaschen. Dies geschieht entweder durch reines Wasser oder durch eine Lösung von Potasche, kohlensaurem Natron oder Aetznatron. Zu diesem Zwecke wendet man 1—2 Th. Aetznatron auf 100 Th. Lumpen an, befeuchtet dieselben mit der Lösung des Natrons in Wasser und bringt sie in hölzerne Auslaugebottiche *A* (Fig. 101 s. S. 377). Die Lauge wird vermittelst der Röhre *b* erwärmt, welche Dampf unter den doppelten Boden *c c* des Bottichs *A* führt. Die heisse Flüssigkeit steigt durch das Rohr *d* durch die Lumpen hindurch, verbreitet sich auf der Oberfläche derselben und dient auf diese Weise zur Reinigung der Lumpen. Der Hahn *e* dient zum Zuführen von Wasser, der Hahn *f* zum Ablassen der benutzten Lauge. Nach vollendetem Auslaugen, was nach 4—6 Stunden der Fall ist, zieht man die Lauge ab und ersetzt dieselbe durch siedendes Wasser. Die abgezogene Lauge wird zum Auslaugen einer neuen Quantität Lumpen benutzt. Nach dem Auslaugen und voll-

Zertheilung der Lumpen.

ständigem Auswaschen werden die Lumpen zertheilt, um den Zusammenhang der Faser aufzuheben, damit die noch vorhandenen Fasertheile sich nun zu einem filzartigen Gewebe vereinigen können. Um diesen Zusammenhang aufzuheben, werden die Lumpen entweder einer Gährung unterworfen oder sie werden durch mechanische Hülfsmittel zerkleinert. Behufs der Gährung werden die Lumpen in Tröge mit Wasser einge-

weicht und an einen warmen Ort gebracht, an welchem sie sich allmälig erhitzen und einen üblen Geruch entwickeln. Wenn die Oberfläche der Lumpen sich mit Schimmel bedeckt, wird die Gährung unterbrochen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die gegohrenen Lumpen sich besser zertheilen lassen, als die nicht gegohrenen. Setzt man aber die Gährung zu lange fort, so wird auch die Pflanzenfaser zerstört und die Lumpen wesentlich verschlechtert. Man pflegt jetzt wegen des dabei stattfindenden beträchtlichen Verlustes die Lumpen in den Papierfabriken wohl kaum noch faulen zu lassen, sondern bedient sich zu ihrer Reinigung des erwähnten Auslaugens und Waschens. Höchstens wendet man das Verfahren bei gröberen Lumpen für Pappe u. s. w. an. — Darauf folgt das Zerkleinern in dem Geschirre, das meist ein Hammerwerk ist, aber auch ein Stampfwerk sein kann, in welchem die Lumpen bis zu derjenigen Masse zermalmt werden, die man Halbzeug nennt.

Fig. 101.




Holländer. Die weitere Zertheilung geht in dem Holländer (Stoffmühle) vor sich. Letzterer (Fig. 102) ist ein längliches, aus starken Bohlen zusammengesetztes Fass, in dessen Mitte sich eine Scheidewand *A* befindet, welche ihn der Länge nach in zwei Theile theilt. In der einen

Fig. 102.

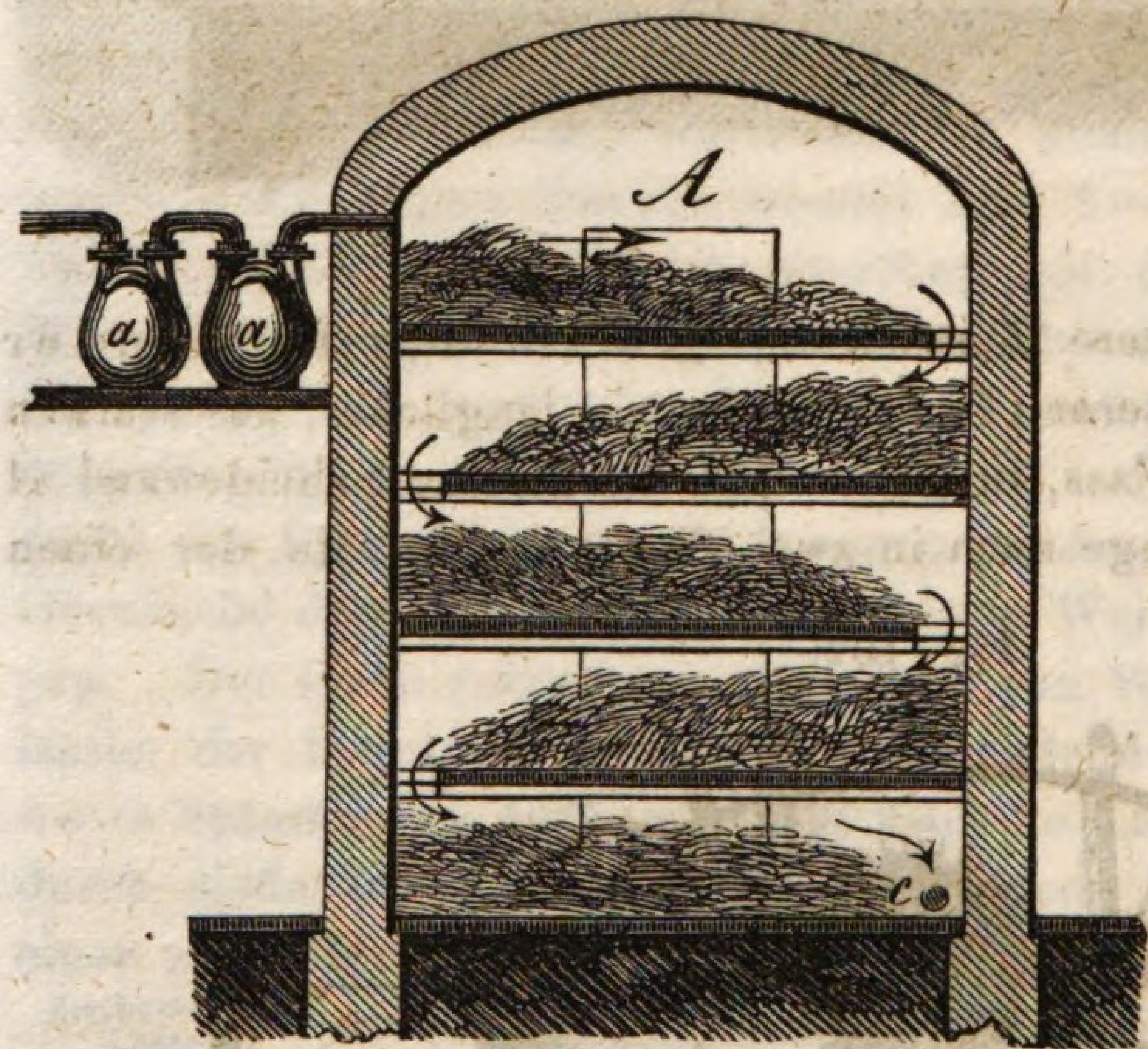


Abtheilung befindet sich eine Walze *B*, die ringsherum mit eisernen Schienen besetzt ist und unter der Walze ein eichener Block *o*, der ebenfalls mit Schienen besetzt ist, die mit denen der Walze spitze Winkel bilden. Die Walze selbst ist verstellbar. In das Fass und über die Walze läuft fortwährend Wasser, das durch ein am Boden befindliches Doppelsieb bei *D* abläuft, ohne etwas von der Lumpenmasse mitzunehmen. Durch die Bewegung der Walze werden die Fasern vollständig zerrissen und das Halbzeug geht in Ganzzeug (Stoff) über. In vielen Fabriken verwandelt man erst auf dem Holländer die Masse in Halbzeug und dann durch Stellen der Walze in Ganzzeug. Nach Verlauf von 2 Stunden sind die Lumpen hinreichend zerkleinert. Gewöhnlich wird die halb zerkleinerte Masse, wenn sie zur Fabrikation von weissem Papier bestimmt ist, gebleicht.

Bleichen der Papiermasse.

Das Bleichen der Papiermasse geschieht entweder mit einer Auflösung von Chlorkalk oder vermittelst gasförmigen Chlors. Nach der letzten Art bedient man sich eines Apparates, wie ihn beistehende Fig. 103 zeigt. Das nach dem auf Seite 77 angegebenen Verfahren dargestellte Chlor wird zuerst zur Reinigung in die Waschflaschen *a a* und dann durch die Röhre in eine hölzerne Kammer *A* geleitet, in welcher sich die Papiermasse auf 5 — 6 über einander liegenden Etagen befindet. Diese Etagen haben an der einen Seite Oeffnungen, damit das Chlorgas herabsteigen kann, wie es in der Zeichnung durch die Pfeile angegeben worden ist. Das überschüssige Chlor entweicht durch die Oeffnung *c* in einen Behälter, in dem sich ebenfalls Papiermasse befindet. Die gebleichte Papiermasse wird durch eine Seitenöffnung aus der Kammer entfernt, mit Wasser gewaschen, um die während des Bleichens entstandene Salzsäure zu entfernen, und die letzte Menge von freiem Chlor zersetzt.

Fig. 103.




Antichlor.

Alle diejenigen Stoffe, welche man in der Papierfabrikation verwendet, um das Chlor zu entfernen oder mindestens in eine unschädliche, leicht auszuwaschende Verbindung überzuführen, bezeichnet man mit dem Namen Antichlor. Zuerst ist eine alkalische Lösung von schwefligsaurem Natron vorgeschlagen worden; es bilden sich Kochsalz und schwefelsaures Natron, welche beiden Körper leicht auszuwaschen sind.

| | | |
|---|---|---|
| Alkalisches schwefligsaures Natron $SO_2 + 2\ NaO$ und freies Chlor Cl | geben | schwefelsaures Natron $NaO, SO_3$ und Kochsalz Cl Na. |

Später wurde, obwohl aus ökonomischen Gründen mit Unrecht unterschwefligsaures Natron ($S_2\ O_2$, 2 NaO) und für geringere Papiersorten Schwefelcalcium empfohlen. Auch bei Anwendung dieser Substanzen bilden sich schwefelsaures Salz und Chlormetall.

In der neueren Zeit ist Zinnsalz (Zinnchlorür) in Salzsäure gelöst als Antichlor vorgeschlagen worden; seine Anwendung beruht darauf, dass Zinnchlorür (Zn Cl) durch Aufnahme von Chlor in Zinnchlorid (Sn $Cl_2$) übergeht, welches letztere durch kohlensaures Natron in Zinnoxyd ($SnO_2$) verwandelt wird, das als vollkommen weisser und zarter, mithin unschädlicher Niederschlag in der Papiermasse bleibt.

Weissen der Papiermasse. Um die für ungeleimte Papiere bestimmte Papiermasse weisser zu machen, setzt man derselben verschiedene mineralische Substanzen, wie Schwerspath oder Barytweiss (*blanc fixe*) geschlemmte Kreide, und Gyps, häufiger und zweckmässiger noch Thon (bis zu 12 pCt.) hinzu. Das mit einem Zusatz von Thon dargestellte Druckpapier zeichnet sich durch grosse Weisse und Glätte, feines Ansehen und guten Angriff vortheilhaft von solchem ohne Thon aus. Einen ungünstigen Einfluss übt der Thon bei der Anfertigung von geleimtem Papiere aus.

Schöpfen der Papiermasse. Das Ganzzeug wird nach dem Bleichen in die Schöpfbütte gebracht, in welcher es durch Dampf erwärmt und durch eine Rührvorrichtung suspendirt erhalten wird. Häufig wird das Ganzzeug, ehe es zu Bogen verarbeitet wird, noch von Knoten, Sand und dgl. durch die Knoten- und Sandfänger gesichtet. Zur Anfertigung der Bogen taucht der Arbeiter (der Schöpfer) mit einer der Form des Bogens entsprechenden Drahtform, welche aus der eigentlichen Form und dem Deckel besteht, in die Bütte und schöpft mit derselben Papiermasse. Das Wasser läuft durch den siebförmigen Bogen, während die Fasertheilchen aneinander hängen und sich als ein dünnes gleichförmiges Blatt auf demselben ausbreiten. Ein anderer Arbeiter (der Gautscher) legt den erhaltenen Bogen auf einen Filz und bedeckt ihn mit einem solchen. Auf diese Weise wird fortgefahren, bis 181 Bogen zwischen Filz eingelegt worden sind. Ein solches Paquet (Pauscht genannt) kommt unter die Presse, um das Wasser aus den Bogen heraus, und die Bogen selbst zugleich möglichst dicht und fest zu pressen. Der Pauscht wird dann auseinandergenommen und die Bogen für sich ohne den Filz nochmals gepresst. Darauf werden sie auf Schnüren aufgehangen, getrocknet. 3 Pauscht = 543 Bogen geben nach Abzug des Ausschusses 1 Riess (20 Buch) Papier, d. i. 500 Bogen ungeleimtes und 480 Bogen geleimtes Papier. 1 Ballen = 1,0 Riess. Die meisten Papiersorten erhalten die erforderliche Glätte schon durch das Pressen; bei feineren Papiersorten, bei denen ein sanfter seidenartiger Glanz verlangt wird, pflegt man die Glätte durch das Satiniren hervorzubringen, indem man die Bogen zwischen glatte Walzen (Satinirwalzwerk) gehen lässt.

Leimen des Papieres. Um die Capillarität des Papieres aufzuheben, wird dasjenige, das zum Schreiben und Zeichnen und als feines Druckpapier benutzt werden soll, geleimt. Das Leimen geschieht entweder mit dem fertigen Papier oder in der Bütte. Um das fertige Papier zu leimen, taucht man die Bogen durch eine Auflösung von Leim, zu der vorher etwas Alaun gesetzt worden ist. Der Alaun verhindert, indem er mit dem Leim eine unlösliche chemische Verbindung eingeht, dass sich der letztere, wenn das Papier nass wird, löst. Das Leimen in der Bütte geschieht mit einer Harzseife, Alaun und Stärkemehl. Die Harzseife und der Alaun zersetzen sich gegenseitig; es bildet sich eine Verbindung des Harzes mit der Thonerde, die in Wasser unlöslich ist und das Papier undurchdringlich macht. Das Stärkemehl dient als Verdickungsmittel. Das Leimen in der Bütte hat den Nachtheil, dass die Filze, zwischen denen die Bogen gepresst werden, sich leicht verschmieren und häufig erneuert werden müssen.

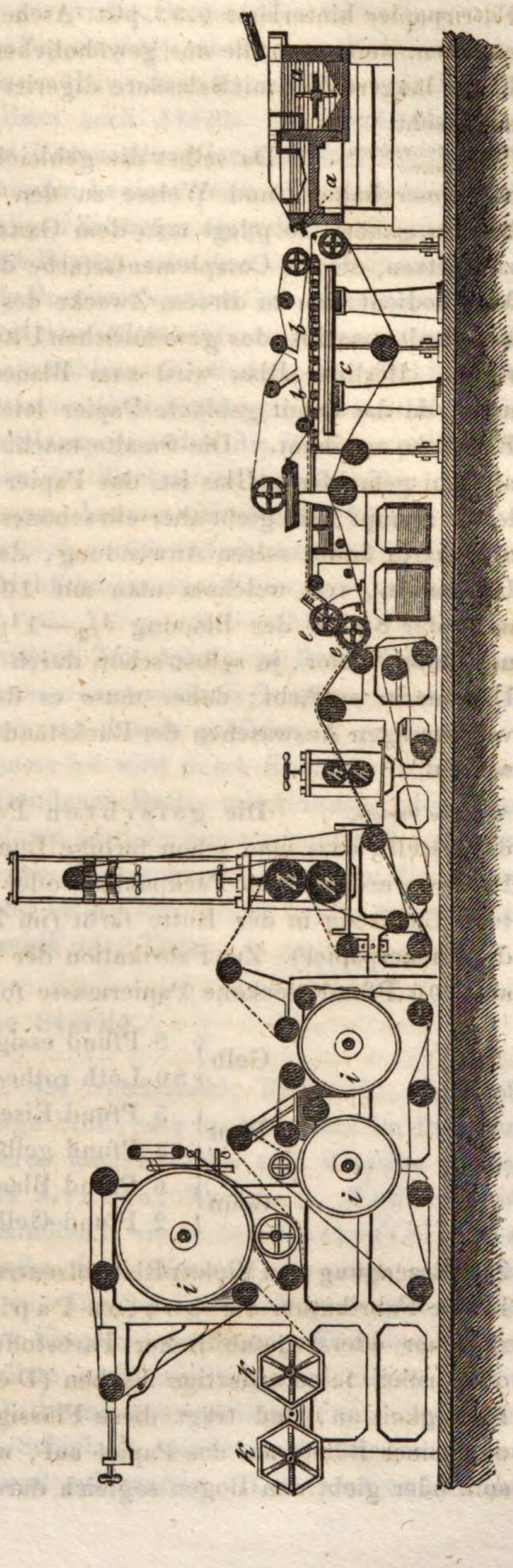
Maschinenpapier. Das Maschinenpapier oder das Papier ohne Ende wird durch Maschinenkraft angefertigt. Eine genaue Beschreibung der Fabrikation desselben gehört der mechanischen Technologie an. Die Papiermaschine liefert nicht einzelne Bogen, sondern ein fortlaufendes Papierband. Um ein solches Band zu erzeugen, hat die Maschine den vom Holländer kommenden Stoff

1) mit Wasser zu verdünnen,
2) denselben von den Knoten zu befreien,
3) in einen gleichmässigen Strahl von der Breite des Papierbandes auszubreiten,
4) den Stoff in ein scharfgerundetes Blatt zu formen,
5) das so erzielte Blatt durch Abtropfenlassen und Pressen vom überschüssigen Wasser zu befreien,
6) es mit Hülfe von Dampf zu trocknen und
7) es als fertiges Papier in Bogen zu schneiden.

Diese Operationen gehen auf der Papiermaschine in folgender Weise vor sich: Das vorher gebleichte und dann geleimte Ganzzeug ist in einem Kasten *a* (siehe umstehende Fig. 104) befindlich, in welchem sich eine Flügelwelle bewegt und durch zufliessendes Wasser zur erforderlichen Consistenz verdünnt wird. Von da fliesst es zur Abhaltung aller gröberen Theile durch mehrere Siebe (gewöhnlich Siebcylinder, aus messingenen Ringen bestehend, die so eng gestellt sind, dass ihre Zwischenräume die Knoten zurückhalten und den Stoff durchlassen) und dann auf ein viereckig geformtes Gewebe von Messingdraht *b b*, das horizontal fortläuft und ohne Ende ist. Die Dicke der Masse wird durch Messinglineale, die Breite ebenfalls durch verstellbare Lineale regulirt. Das Drahtgewebe läuft um den Rahmen *c* herum, der sich in fortwährender rüttelnder Bewegung befindet. Dadurch wird bewirkt, dass die Papiermasse sich gleichmässig ausbreite und einen Theil ihres Wassers verliere. Dann trennt sich das

Papier von dem Drahtgewebe und gelangt zwischen mit Filz überzogene Walzen *e e*, sodann zwischen gusseiserne Cylinder *h h*, *h h*, zwischen welchen es gepresst und dann von dem grössten Theile des Wassers befreit wird. In den neueren Papiermaschinen passirt das noch feuchte Papier einen oben offenen Kasten, dessen Inneres mit einer Luftpumpe in Verbindung steht, wodurch ein grosser Theil des Wassers aus dem Papiere entfernt wird. Endlich gelangt es zwischen mit Dampf geheizte metallene hohle Walzen *i i i*, wodurch es nochmals gepresst, getrocknet und geglättet wird. Das Papier windet sich an zwei Rollen *k k* auf und wird durch eine mit der Maschine in Verbindung stehende Schneidevorrichtung in Bogen zerschnitten. Gewöhnlich ist das Maschinenpapier ohne Wasserzeichen; dieselben lassen sich aber, wenn es verlangt wird, nachträglich entweder sogleich auf der Maschine durch Eindrücken vermittelst einer Walze, oder noch besser auf dem trocknen Papier während des Satinirens anbringen.

Fig. 104.



Filtrirpapier. Das bei chemischen Operationen so unentbehrliche schwedische Filtrirpapier wird mit besonders ausgesuchten leinenen Lumpen und Quellwasser zu Fahlun und Lessebo in Schweden dargestellt, das fast keine mineralischen Bestandtheile

enthält. 1000 Th. Papier hinterlassen nach dem Verbrennen 1,962—2,16 Th. Asche; das in Deutschland gefertigte sogenannte schwedische Filtrirpapier hinterlässt 0,33 pCt. Asche. Es lässt sich dasselbe sehr gut ersetzen, wenn man die aus gewöhnlichem weissen Filtrirpapier gefertigten Filter längere Zeit mit Salzsäure digerirt und dann mit destillirtem Wasser auswäscht.

Bläuen des weissen Papiers. Da selbst die gebleichten Lumpen einen noch gelblichen Schimmer haben, und Weisse zu den vorzüglichsten Eigenschaften des Papiers gehört, so pflegt man dem Ganzzeug eine blaufärbende Substanz zuzusetzen, die als Complementärfarbe des Gelben, Weiss erzeugen muss. Man bedient sich zu diesem Zwecke des Berliner Blaus, der Smalte, des Kobaltultramarins, des gewöhnlichen Ultramarins oder einer blauen Kupferfarbe. Berliner Blau wird zum Bläuen der ordinären Papiersorten benutzt, da das damit gebläute Papier leicht einen Stich ins Grünliche oder Röthliche annimmt. Die Smalte macht, da sie (vergl. Seite 250) nichts als fein gemahlenes Glas ist, das Papier etwas rauh und die Schreibfedern leicht stumpf; sie giebt aber ein schönes und das haltbarste Blau. Kobaltultramarin findet selten Anwendung, desto häufiger aber das gewöhnliche Ultramarin, von welchem man auf 100 Pfund trockne Papiermasse je nach der Stärke der Bläuung $1/2$—$1\,1/2$ Pfund zusetzt. Durch Säuren und durch Chlor, ja selbst schon durch Alaun werden gewisse Sorten von Ultramarin entfärbt; daher muss es der Masse nach dem Bleichen und vollständigen Auswaschen der Rückstände der Bleichmaterialien angewendet werden.

Gefärbte Papiere. Die gefärbten Papiere werden entweder dadurch dargestellt, dass man schon farbige Lumpen anwendet (naturfarbige Papiere wie das braune Packpapier), oder das aus halbweissen Lumpen bereitete Ganzzeug in der Bütte färbt (im Zeug gefärbte Papiere wie das Zuckerpapier). Zur Fabrikation der letzteren nimmt man nach Payen auf 100 Pfund trockene Papiermasse folgende Substanzen, zu

| | |
|---|---|
| Gelb | 5 Pfund essigsaures Bleioxyd<br>30 Loth rothes chromsaures Kali |
| Blau | 5 Pfund Eisenvitriol<br>3 Pfund gelbes Blutlaugensalz |
| Grün | 6 Pfund Blau<br>2 Pfund Gelb. |

Zur Erzeugung von Violett Blauholzextract, zu Feinroth Krapplack u. s. w. In der Fabrikation der bunten Papiere bereitet man Lösungen mineralischer oder vegetabilischer Farbstoffe nach den Regeln der Färberei, oder rührt feine erdartige Farben (Deckfarben) mit einer klebrigen Flüssigkeit an, und trägt diese Flüssigkeiten mittelst eines Schwammes oder einer Bürste auf das Papier auf, wenn nur eine Seite gefärbt werden soll, oder giebt den Bogen sogleich durch die gefärbte Flüssigkeit.

Maroquin-Papier.] Das gemusterte oder Maroquinpapier wird durch Pressen von starck geleimtem Papier zwischen Bronzecylindern, von denen auf dem einen das Muster gravirt ist, dargestellt.

Pappe. Die Pappe (Pappdeckel) wird aus groben, leinenen oder hanfenen Lumpen, die graue Pappe auch aus wollenen Lumpen fabricirt. Häufig wendet man dazu auch Abfälle der Buchbinder, alte Pappe, Karten u. s. w. an. Die Vorbereitung ist dieselbe, wie bei der Papierfabrikation. Bei dem Schöpfen bedient man sich entweder hoher Formen, so dass bei einem einmaligen Schöpfen die gehörige Masse herausgeschöpft werden kann (geschöpfte Pappe), oder man schöpft dünne Bogen, die aufeinander gelegt und durch Pressen zwischen Filz vereinigt werden gegautschte Pappe). Die aus leinenen oder hanfenen Lumpen gefertigte Pappe wird durch Glätten zwischen stählernen Cylindern oder durch Reiben mit polirtem Achat oder Feuerstein in Glanzpappe verwandelt. Die festeste und glänzendste Sorte von Glanzpappe sind die Pressspäne, die von den Tuchmachern zum Pressen des Tuches und von den Typographen zum Pressen der gedruckten Bogen benutzt werden. Die geleimte Pappe (Kartenpapier) entsteht durch Aufeinanderkleben von 2—12 Bogen geleimten Papieres mittelst Mehlkleister oder Leim, worauf man stark presst.

Steinpappe. Die in der neuesten Zeit häufig zu Relief-Ornamenten angewendete Steinpappe (*Carton-pierre*) wird aus Ganzzeug, einer Leimlösung, gepulvertem Cement, Thon und Kreide gebildet.

Papiermaché. Der Papiermaché wird durch Kochen von Papier in Wasser und Versetzen des entstandenen Breies mit Gummi- oder Leimlösung erhalten. Die dickliche Masse wird in hölzerne mit Oel ausgestrichene Formen gegossen. Nach dem Austrocknen nimmt man die Gegenstände aus den Formen, bemalt und lackirt sie. Sehr häufig versetzt man die Masse mit weissem Sande, Kreide oder Thon.

## Die Stärke.

Stärke, Vorkommen derselben. Die Stärke, das Stärkemehl, Kraftmehl, Satzmehl oder das Amylum ist wohl derjenige Stoff, der am weitesten im Pflanzenreiche verbreitet ist. In grösserer Menge findet sich derselbe in den Samen der Cerealien, in den Linsen, Bohnen, Erbsen, im Hirse, in vielen Wurzeln und Knollen, wie in den Kartoffeln, dem *Helianthus tuberosus*, der *Bryonia alba*, dem *Colchicum autumnale*, im Marke mehrerer Palmenarten u. s. w. Die Stärke besteht aus glänzenden, Eigenschaften. weissen, zwischen den Fingern knirschenden Körnchen. Unter dem Mikroskop erscheinen dieselben meist eiförmig und zeigen in der Mitte einen Kern (den Nabelkern), der mit concentrischen Schichten umgeben ist. Nach Aussen sind die Schichten meistentheils wasserarm und dichter, nach Innen wasserhaltig und gallertartig. Die Form und Grösse

der Stärkekörnchen ist je nach der Pflanze, aus welcher man die Stärke gewonnen hat, und je nachdem die Körnchen ausgewachsen sind oder nicht, sehr verschieden. Das Wachsen der Stärkekörner hat eine Grenze, die bei den verschiedenen Pflanzen auch eine durchaus verschiedene ist, so sind z. B. die grössten Kartoffelstärkekörner ungefähr dreimal so lang als die grössten Weizenstärkekörner. Payen hat die grössten Dimensionen der Stärkekörner vieler Pflanzen bestimmt und dieselben in $^1/_{1000}$ Millimetern angegeben.

Aus seinen Untersuchungen heben wir folgende Beispiele hervor:

| | | |
|---|---|---|
| Stärkekörner aus | dicken Kartoffeln | 185 |
| „ „ | gewöhnlichen Kartoffeln | 140 |
| „ „ | *Maranta indica* | 140 |
| „ „ | Bohnen | 75 |
| „ „ | der Sagopalme | 70 |
| „ „ | Linsen | 67 |
| „ „ | Erbsen | 50 |
| „ „ | Weizen | 50 |
| „ „ | Mais | 30 |

Die auf dieser Seite befindliche Fig. 105 zeigt verschiedene Arten von Stärkekörnchen. 1, 2 und 3 sind Körnchen aus der Kartoffel, 4 und 5 aus Canna gigantea und 6 aus der Sagopalme. Im kalten Wasser löst sich die Stärke nicht auf, werden aber die Kügelchen mit heissem Wasser übergossen, so quellen sie auf; es platzen die Schichten (Fig. 106) und die schlammige, voll Wasser gesogene Masse bildet den Kleister. Bringt man den Kleister auf Fliesspapier, so kann man demselben das Wasser entziehen, er ist folglich keine Auflösung der Stärke im Wasser. Durch längere Zeit fortgesetztes Kochen mit Wasser löst sich die Stärke darin auf; ein Theil Stärke löst sich in 50 Th. Wasser, beim Erkalten der Lösung scheidet sich ungefähr die Hälfte in Form von Kleister ab. Die Stärke wird durch Jod eigenthümlich blau oder violett gefärbt. Die Stärke ist demnach ein Reagens auf freies Jod, während Jod umgekehrt angewendet wird, um die geringste Menge von Stärke nachzuweisen. Die chemische Zusammensetzung der Stärke wird durch die Formel $C_{12} H_{10} O_{10}$ ausgedrückt. Durch Rösten geht die Stärke in Stärkegummi (Dextrin), durch die Einwirkung von Säuren oder einer eigenthümlichen Substanz, der Diastase, zuerst in Dextrin und dann in Krümelzucker (Stärkezucker) über.

Fig. 105.




Fig. 106.



Gewinnung der Stärke.

Von den bei uns einheimischen Pflanzen können nur die Getreidearten und namentlich Weizen und die Kartoffeln zur Bereitung der Stärke dienen. In aussereuropäischen Ländern stellt man aus der Jatropha manihot die Tapioka, aus der Maranta indica das Pfeilwurzelmehl oder Arrow-root und aus der Sagopalme den Sago dar. Bei der Gewinnung der Stärke aus Weizen hat man dieselbe aus einer grossen Menge Kleber auszuscheiden, während bei den Kartoffeln die Stärke in Zellen eingeschlossen ist, die ausserdem nur wenig andere Stoffe enthalten.

Stärkegewinnung aus Kartoffeln.

Der Abscheidung der Stärke aus den Kartoffeln muss eine Reinigung der Kartoffeln und eine darauf folgende Zerreissung der Zellen vorangehen. Die Kartoffeln enthalten durchschnittlich in 100 Theilen:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . . . . . | 74,00 |
| Stärkemehl . . . . . . . . | 20,00 |
| Holzfaser, Salze, Zucker etc. | 6,00 |
| | 100,00 |

Die Jahreszeit ist von grossem Einfluss auf den Stärkemehlgehalt der Kartoffeln; Pfaff fand darin

| | | |
|---|---|---|
| Anfang Juli | 8 | pCt. Stärkemehl |
| Ende Juli | 11,3 | „ „ |
| Mitte August | 12,33 | „ „ |
| Ende August | 13 | „ „ |
| Mitte September | 17 | „ „ |

Während des Aufbewahrens findet noch Zunahme im Stärkemehlgehalt statt, so dass Kartoffeln, welche im September und Oktober 16 pCt. Stärkemehl enthielten, vom November bis März einen Gehalt von 18 pCt. zeigen.

Um annähernd den Gehalt einer Kartoffelvarietät an Stärkemehl zu bestimmen, schneidet man mehrere Knollen in Stücken, trocknet sie und zieht von dem erhaltenen Gewichte 6 pCt. der angewendeten Substanz ab. Der Rest giebt die Quantität des trocknen Stärkemehls an. Auch bedient man sich des specifischen Gewichtes zur Ermittelung des Stärkemehlgehaltes, so entspricht

| ein spec. Gewicht | pCt. Stärkemehl |
|---|---|
| 1,063 | 10,20 |
| 1,085 | 15,19 |
| 1,105 | 19,89 |
| 1,107 | 20,37 |
| 4,114 | 22,05. |

Das Waschen der Kartoffeln geht in der Waschtrommel vor sich; von da kommen dieselben auf den Reibecylinder, wo sie gegen eine Reibeisenfläche angedrückt werden. Während des Reibens fliesst ein

Strom Wasser auf den Reibecylinder, der im Verein mit der Centrifugalkraft den anhängenden Kartoffelbrei abwäscht. Der Brei sammelt sich in einem Reservoir an, von wo aus er durch eine Vaucanson'sche Gliederkette auf das Drahtsieb gebracht wird, auf welchem sich die Stärke von den andern Substanzen trennt. Die Trennung geschieht gewöhnlich auf die Weise, dass man Wasser in einem Regen über das Sieb strömen lässt, wodurch die Stärkekörnchen aus den offenen Zellen ausgewaschen werden und mit dem Wasser durch das Sieb fliessen. Die milchähnliche Flüssigkeit fliesst in Bottiche, in welchen die Stärke von Sand, Erde und anderen Unreinigkeiten durch Schlämmen getrennt wird. Sodann lässt man die gereinigte Stärke sich absetzen, suspendirt sie in neuem Wasser und lässt sie durch ein feines Drahtsieb gehen. Die abgelagerte Stärke wird darauf in Abtropfgefässe und alsdann auf eine Gypsschicht gebracht, auf welcher sie 6—8 Stunden lang bleibt. Die ziemlich trocknen Kuchen werden dann in Trockenstuben bei einer Temperatur getrocknet, die 40° nicht überschreiten darf. Nach beendigtem Trocknen enthält die Stärke noch 8—15 pCt. Feuchtigkeit.

Stärke aus Weizen.

Unter den Cerealien wendet man vorzugsweise den Weizen zur Stärkegewinnung an. Der Weizen enthält 58—75 pCt. Stärke. Früher pflegte man zur Abscheidung der Stärke die Weizenkörner zu schroten und mit Wasser einzuweichen, bis die Körner leicht zwischen den Fingern zerdrückt werden konnten, und dieselben darauf mit Wasser in Säcken so lange zu zerdrücken, als das Wasser noch trübe durchläuft. Aus der trüben Flüssigkeit setzt sich mit der Zeit das Stärkemehl mit Kleber gemengt ab. Indem man die Flüssigkeit einige Zeit lang auf dem Satze stehen lässt, tritt Gährung ein, wodurch ein kleiner Theil des Stärkemehls in Milchsäure verwandelt und der Kleber gelöst wird. Das Stärkemehl wird auf die oben angegebene Weise mit Wasser gewaschen und dann getrocknet. — Es ist leicht einzusehen, dass dieses Verfahren kein ökonomisches zu nennen, da der Stärkefabrikant ein werthvolles Nebenproduct, den Kleber, verliert, die Rückstände überdies in Buttersäuregährung und zum Theil auch in Fäulniss übergegangen sind, so dass sie nur zur Mast der Schweine dienen können. Das neue von E. Martin aufgestellte Verfahren besteht darin, die Stärke zu gewinnen, ohne den Kleber zu verändern, der in der letzten Zeit wichtige Anwendung gefunden. Zu diesem Zwecke macht man aus 100 Th. Mehl und 40—50 Th. Wasser entweder mit Hülfe der Hände oder vermittelst Knetmaschinen einen Teig, der, um sich vollständig zu wässern, 20—25 Minuten im Sommer, eine Stunde lang im Winter stehen muss. Darauf bringt man den Teig auf ein Drahtsieb, das auf einem Bottich steht und lässt Wasser darüber strömen, während eine nadelholzförmige Maschine den Teig rollt und ihm eine fortwährend erneuerte Oberfläche giebt, bis das ablaufende Wasser nicht mehr milchig aussieht. Man lässt die Stärke aus der Flüssigkeit absetzen, zieht das darüber stehende Wasser, das Dextrin, etwas Zucker

und andere aus dem Weizenmehl gelöste Stoffe enthält, ab, rührt die am Boden des Gefässes befindliche Stärke mit etwas Wasser an und lässt die Flüssigkeit an einem warmen Orte gähren, um die der Stärke anhängenden Klebertheile zu entfernen. Die Reinigung und Trocknung geschieht auf dieselbe Weise, wie nach dem alten Verfahren.

Kleber, Anwendung desselben. Nach der Methode von Martin erhält man aus 100 Th. Weizenmehl ungefähr 25 pCt. Kleber (Gluten) mit 38 pCt. Wasser. Man wendete zuerst den Kleber zur Fabrikation der Macaroni, der Nudeln u. dgl. an, indem man denselben mit gewöhnlichem Mehl und Wasser zu einem Teig knetete. Da der frische Kleber leicht fault und deshalb in diesem Zustande nicht versendet werden kann, so haben die Gebrüder Veron vorgeschlagen, den Kleber zu granuliren und dann zu trocknen. Dazu wird der frische Kleber mit der doppelten Gewichtsmenge Mehl zusammengeknetet, der Teig in lange Streifen ausgerollt und dieser sodann in die Form von Körnern gebracht, welche bei 30—40° getrocknet werden. Durch dazwischen gestreutes Mehl werden die Körner am Zusammenkleben verhindert. Nach dem Trocknen werden die Körner durch Sieben sortirt. Der gekörnte Kleber ist demnach ein Nahrungsmittel, das weit mehr nährende Substanzen enthält, als eine gleiche Menge Mehl oder Schiffszwieback.

Sago. Der bekannte Sago ist Stärke aus dem Marke der Sagopalme, das mit Wasser geknetet und ausgewaschen wird. Die aus dem Wasser abgeschiedene Stärke wird durch Siebe gedrückt, um sie zu körnen und die gekörnte Stärke sogleich auf heissen Blechen getrocknet. Durch die Temperatur der Bleche wird die wasserhaltige Stärke in Kleister verwandelt. Dieser Umwandelung verdankt der Sago seine eigenthümliche durchscheinende Beschaffenheit. Der Sago hat die Eigenschaft, nicht wie Kleister beim Kochen mit Wasser zu zergehen, sondern nur aufzuquellen, so dass die Körner getrennt bleiben. Die rothe Farbe einiger Sagosorten soll von den rothen Hüllen der Stärkemehlkörnchen der Sagopalme herrühren. In Europa stellt man jetzt häufig Sago künstlich aus Kartoffelstärke dar.

Inulin und Lichenin. Man findet in einigen Pflanzen, wie in den Georginenknollen, den Topinambur (von *Helianthus annuus*), den Wurzeln der Cichorie, des Alants, des Löwenzahns u. s. w. eine Stärkemehlart, das Inulin oder Alantstärkemehl, das sich von dem gewöhnlichen Stärkemehl dadurch unterscheidet, dass es sich in siedendem Wasser löst und aus dieser Lösung beim Erkalten unverändert wieder abscheidet. Von Jod wird es nicht blau, sondern gelb gefärbt. Eine andere Art von Stärke findet sich in dem isländischen Moose, sie löst sich beim Kochen mit Wasser. Die Lösung erstarrt beim Erkalten zu einer Gallerte. Man nennt diese Art Stärke Lichenin oder Moosstärkemehl. Inulin sowohl als Lichenin haben bis jetzt eine technische Anwendung nicht gefunden.

Anwendung der Stärke. In Substanz wird die Stärke angewendet zum Leimen

des Papiers, zum Stärken der Wäsche, zum Appretiren, zur Darstellung des Stärkegummis, des Stärkesyrups, des Stärkezuckers und zur Fabrikation von Nudeln, künstlichem Sago u. s. w. Ausserdem ist sie das gebräuchlichste Nahrungsmittel, das wir in Gestalt von Brod und den sogenannten Mehlspeisen geniessen. Sie bildet ferner denjenigen Körper, aus welchem sich durch die Einwirkung gewisser Agentien Zucker und Alkohol erzeugt; sie ist also das Rohmaterial zur Erzeugung von Bier, Branntwein, Wein u. s. w.

Dextrin. Das Dextrin $C_{12} H_{10} O_{10}$ entsteht aus der Stärke durch Erhitzen derselben bis auf 150°, durch die Einwirkung von Säuren und der Diastase. Es hat seinen Namen von der Eigenschaft, die Polarisationsebene beträchtlich nach rechts (dexter) abzulenken. Es erscheint als eine dem arabischen Gummi ähnliche Masse, die sich aber vom dem Gummi dadurch unterscheidet, dass ihre Lösung durch Bleiessig nicht gefällt wird. In den meisten Fällen kann es aber das Gummi ersetzen. Das durch Rösten der Stärke dargestellte unreine Dextrin führt den Namen Stärkegummi oder Leiocom (Leiogomme). Letzteres stellt man dar, indem man Stärke in einem Oelbade und unter fortwährendem Umrühren und warmen Luftzuge bis auf 150° erhitzt. Reines Dextrin erhält man nach Payen und den Gebrüdern Heuzé, indem man 1000 Th. Stärke mit 2 Th. Salpetersäure, die mit 300 Th. Wasser verdünnt ist, anrührt, den Brei darauf an der Luft und zuletzt bei 110—120° trocknet. Das so erhaltene Dextrin hat das Ansehn und die Weise der Stärke. Zuckerhaltiges Dextrin erhält man, wenn man 100 Th. Stärke und 5—8 Th. Gerstenmalz mit lauwarmem Wasser anrührt und dann bei einer Temperatur von 60—70° so lange digerirt, bis Jod die Flüssigkeit nicht mehr bläut, die Flüssigkeit darauf durchseiht und im Wasserbade bis zur Syrupsconsistenz verdampft. Das zuckerhaltige Dextrin findet hauptsächlich in Frankreich Anwendung in der feinen Bäckerei, bei der Bier- und Obstweinfabrikation und bei der Darstellung von einer Art englischen Pflasters. Das durch die Einwirkung von verdünnter Salpetersäure auf Stärke erhaltene Dextrin wird als Surrogat für das ungleich theurere arabische Gummi zum Appretiren, Stärken, in der Kattundruckerei als Leim, bei der Fabrikation farbiger Papiere, und in der neueren Zeit in der Chirurgie als Heftmittel beim Verbinden angewendet.

## Der Zucker.

Zucker im Allgemeinen. Diejenige Substanz, die man mit dem Namen Zucker bezeichnet, kommt häufig im Pflanzenreiche vor. Haupteigenschaften des Zuckers, die alle Arten desselben gemein haben, sind der süsse Geschmack, die Löslichkeit in Wasser und Alkohol, und die Zersetzbarkeit in der Hitze und durch gewisse Säuren. Die meisten Zuckerarten können unter dem Einflusse gewisser Agentien, namentlich von verdünnten Säuren in Krümel-

zucker übergehen und sind dann der geistigen Gährung fähig. Die hier in Betracht kommenden Zuckersorten sind der Rohrzucker, der Krümelzucker, der Mannazucker und der Milchzucker. Von letzterem wird weiter unten bei Gelegenheit der Milch die Rede sein.

Rohrzucker. Der Rohrzucker, Runkelrübenzucker, Ahornzucker, $C_{12} H_{11} O_{11} + HO$, findet sich im Safte des Zuckerrohres (*Saccharum officinarum*), der Ahornarten, namentlich im Zuckerahorn (*Acer saccharinum*), der Runkelrübe (*Beta Cycla* und *Beta vulgaris*), der Zuckerhirse (*Andropogon glycichylum* s. *Sorghum saccharatum*), in den Mohrrüben, in der Eibischwurzel, in dem Mais, in den Kürbissen, verschiedenen Palmenarten, in den Kastanien, im Nectar der Blumen u. s. w. Gleichviel, aus welcher Pflanze diese Zuckerart erhalten worden ist, zeigt sie

Eigenschaften des Rohrzuckers. folgende Eigenschaften: Sie erscheint entweder als ein Aggregat weisser kleiner Krystalle (Hutzucker), oder in weissen oder gelben bis gelbbraunen, geschobenen vier- bis sechsseitigen Säulen (weisser oder gelber Kandiszucker). Sie ist unter allen Zuckerarten die süsseste und löst sich in allen Verhältnissen in Wasser. Beim Schlagen oder Zerbrechen leuchtet sie im Dunkeln. Wird eine wässerige Zuckerlösung längere Zeit gekocht, so verliert der Zucker die Fähigkeit zu krystallisiren. Bis auf 160° erhitzt, schmilzt der Zucker zu einer klaren Flüssigkeit, die beim Erkalten nicht mehr krystallisirt und den sogenannten Gerstenzucker bildet. Gegen 200° nimmt der Zucker eine braune Farbe an, bläht sich auf und verwandelt sich unter Verlust von 2 Aeq. Wasser in Caramel ($C_{12} H_9 O_9$). Eine wässerige Lösung nimmt bedeutende Mengen von Kalk auf; aus der Lösung wird durch Alkohol ein weisser Niederschlag von Kalksaccharat: $C_{12} H_{11} O_{11}$, CaO ausgeschieden, der sich leicht in Wasser löst; aus der Lösung scheidet sich beim Erhitzen ein basisches Kalksaccharat: $C_{12} H_{11} O_{11}$, 3 CaO ab. Mit Baryt bildet der Rohrzucker eine schwerlösliche Verbindung: $C_{12} H_{12} O_{11}$, BaO, die durch Kohlensäure leicht zersetzt werden kann. Der Zucker wird gewonnen aus dem Zuckerrohr, der Runkelrübe, dem Zuckerahorn und in Ostindien aus weissen Palmenarten.

Gewinnung des Zuckers aus dem Zuckerrohr. Das Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) wurde den Europäern erst zur Zeit der Kreuzzüge bekannt. In Südamerika lernte man es erst im 15. Jahrhundert kennen, doch ist es ungewiss, ob es dahin verpflanzt oder wild wachsend gefunden wurde. Nach der Einführung des Sklavenhandels wurde es auch in Westindien angebaut, welches bald so viel Zucker lieferte, dass es fast die ganze übrige Welt damit versehen konnte, und der Zuckerbau in Europa, der damals in Sicilien und Griechenland betrieben wurde, fast ganz einging. Das Zuckerrohr ist eine Pflanze aus der Familie der Gräser, von 9—18 Fuss Höhe. Der Halm dieser Pflanze enthält ungefähr 90 pCt. eines zuckerreichen Saftes, von welchem man jedoch nur 50 pCt. durch das Auspressen erhält. Die Hauptarten des Zuckerrohres sind das otahaiti'sche, das beson-

ders in Südamerika und Westindien gebaut wird, das kreolische aus Indien und das batavische aus Java. Dupuy fand das frische Zuckerrohr in Guadeloupe in 100 Theilen bestehend aus

72 Th. Wasser,
17,8 Th. Zucker,
9,8 Th. Holzfaser,
0,4 Th. Salzen.

Der Zuckergehalt steigert sich zuweilen bis auf 22—24 pCt. Das Zuckerrohr gedeiht am besten auf feuchtem Boden in heissen Ländern. Die vorzüglichste Sorte desselben ist das von Otahaiti oder das gebänderte Zuckerrohr. Man pflanzt das Zuckerrohr dadurch, dass man den Halm in 2—3 Fuss lange Stücke schneidet und diese in die Erde steckt. Aus den Gliedern der Stecklinge entwickeln sich die neuen Pflanzen, die nach 12—16 Monaten zur Zuckergewinnung reif sind. In dem Maase, als das Zuckerrohr eingebracht wird, wird dasselbe zwischen Cylindern ausgepresst. Das ausgepresste Rohrstroh (Bagasse) wird getrocknet und als Brennmaterial verwendet. Nach Dupuy's Versuchen beträgt die Ausbeute an Saft 59,5 Th. auf 40,5 Th. Bagasse. Nimmt man den Zuckergehalt des Zuckerrohres im Mittel auf 18 pCt. an, so sieht man, dass gegen 6 pCt Zucker in der Bagasse zurückbleiben. Die schnelle Veränderlichkeit des Saftes, die unvollkommenen Pressmaschinen und der Widerwille der Plantagenbesitzer, Neuerungen einzuführen tragen die Schuld, dass $^1/_3$ des in dem Rohre enthaltenen Zuckers in Verbindung mit der Holzfaser dienen muss, die anderen $^2/_3$ aus dem Safte zu isoliren. Der frisch ausgepresste Saft (Vesou) ist gewöhnlich von hellgelber Farbe, etwas trübe, von angenehmem Geschmack und gewürzhaftem Geruch. Humboldt giebt an, dass der Saft in Java zuweilen 25—30 pCt., in Cuba 10—12 pCt., in Brasilien 23,7 pCt. Zucker enthalte. Der Saft muss sogleich verarbeitet werden, da die in ihm enthaltenen Eiweisssubstanzen schon nach kurzer Zeit Verderben des Saftes bewirken. Man mischt ihn mit ungefähr $^1/_{800}$ seines Gewichtes an gelöschtem Kalk und erhitzt bis nahe zum Siedepunkte. Der Kalk verbindet sich mit den sauren und schleimigen Theilen und fällt theils zu Boden, theils scheidet er sich nebst den coagulirten Eiweisskörpern auf der Oberfläche der Flüssigkeit als Schaum ab und wird mit einem Schaumlöffel abgenommen. Der Saft wird darauf in 4—5 kleinere Siedepfannen gelassen und unter stetem Abschäumen abgedampft, bis der Saft so zähe ist, dass er zwischen den Fingern zu Fäden gezogen werden kann. Sodann kommt der Saft in die Kühlgefässe und darauf in die Krystallisirbottiche, in deren Böden Löcher befindlich, die mit Zuckerrohrstückchen verstopft sind. Wenn nach Verlauf von 24 Stunden die Masse körnig geworden ist, rührt man sie um und lässt durch die unten befindlichen Löcher den nicht krystallisirten Theil, den Syrup oder die Melasse in untergesetzte Gefässe ablaufen. Nach 5—6 Wochen ist die Melasse ab-

Das Keltern.

Das Versieden und Krystallisiren.

getropft und die in dem Bottich zurückbleibende braune, feuchte Masse führt den Namen **Rohzucker**, **Mascovade** oder **Puderzucker**, von welchem man im europäischen Handel Portorico, Java, Mauritius, Jamaica, Havanna, Martinique, Bourbon etc. unterscheidet. In den französischen Colonien pflegt man den Rohzucker mit feuchtem Thon zu decken (s. unten), und die gereinigten Rohzuckerbrode unter dem Namen **Cassonade** in den Handel zu bringen. — Die von dem Verbrennen der Bagasse herrührende Asche wird auf die Zuckerfelder zurückgebracht und dadurch dem Boden wiedergegeben, was ihm durch die Vegetation entzogen wurde. Die Asche des Zuckerrohres enthält 45—49 pCt. Kieselerde, 4—8 pCt. Phosphorsäure und 11—27 pCt. Kali. Die **Melasse** wird entweder verschickt oder an Ort und Stelle durch Gährung und Destillation zur Fabrikation des Rums, der Taffia u. s. w. angewendet. — Die Raffination des Rohzuckers wird weiter unten beschrieben werden.

Melasse.

Gewinnung des Zuckers aus den Rüben.

Der Chemiker **Marggraf** war der erste, der 1747 das Vorkommen des krystallisirten Zuckers in den **Runkelrüben** nachwies. Die Entdeckung Marggraf's wurde seit 1786 von **Achard** im Grossen ausgeführt und seit dem Jahre 1810 entstand die Zuckerfabrikation aus den Rüben, welche jetzt einen der Hauptzweige der inländischen Industrie bildet. Wie schon erwähnt, wendet man zur Zuckerfabrikation die Runkelrübe (Zuckerrübe, Mangold, Turnips, *Beta Cycla* und *B. vulgaris*) an. Man unterscheidet vier Varietäten derselben, nämlich: 1) die **grosse Feldrübe** (*Disette*), in- und auswendig weiss, zuweilen auch rosenroth. Die Blattstiele sind ebenfalls weiss, sie erreicht unter allen Varietäten die bedeutendste Grösse. Man trifft Rüben bis zu 34 Pfund. 2) **Die schlesische Feldrübe**, weiss, bisweilen mit einigen rosenrothen Ringen, ist die zuckerreichste Varietät. 3) Die **gelbe Runkelrübe**, von mittlerem Umfang und gelbem Fleisch. 4) Die **sibirische Rübe** stammt aus Grossrussland und wurde zuerst von **Reichenbach** empfohlen. Sie geht viel weniger tief in die Erde, als die anderen Varietäten (sie ist oberirdisch) und hat eine tellerförmige Gestalt. Der Zuckergehalt der Rüben beträgt im Durchschnitt 10 pCt.; von diesen kann der Fabrikant aber nur 7—7,5 pCt. in den Handel liefern, da 0,58 pCt. in der ausgepressten Rübe und 1,5 pCt. in der Melasse zurückbleiben, während von den zurückbleibenden 7 pCt. 0,75—1 pCt. während der Bearbeitung verloren geht.

Landwirthshaftliches.

Die Rübe ist eine zweijährige Pflanze: in dem ersten Jahre entwickelt sie blos Wurzeln und Blätter, in dem zweiten Jahre trägt sie dann den Samen. Während des ersten Jahres schöpfen Blätter und Wurzel aus der Atmosphäre und der Ackerkrume atmosphärische und mineralische Nahrungsmittel und grosse Mengen Wasser, welche Stoffe, von den Blättern verarbeitet, zum Theile zum Wachsthume der Wurzel beitragen und sich in dem Zellengewebe derselben ansammeln, um in dem nächsten Jahre zur Entwickelung des Blüthenstengels und der Samen verwendet zu

werden. Gerade die Ansammlung jener Flüssigkeit in dem Wurzelgewebe ist es, welche die Rübe zur Gewinnung des Zuckers so geeignet macht. Die beste Zeit für die Rübenernte würde demnach ohne Zweifel diejenige sein, in welcher die Rübe am meisten entwickelt ist und in ihren Gefässen die grösste Menge des zuckerreichen Saftes aufgespeichert hat. Da die Vegetation der Rübe den Winter hindurch nicht ruht, wenn diese auch dann nur in weniger merkbarer Weise vor sich geht, so wäre der passendste Zeitpunkt zur Rübenernte im Frühjahre in dem Augenblicke, wo der Zelleninhalt der Wurzeln zum Theil zum Aufbau des Blüthenstengels verwendet werden soll. Leider verträgt die Rübe nicht den Frost der nördlichen Winter, und man ist genöthigt, anstatt die ergiebigere Frühjahrsernte abzuwarten, zur Ernte schon im Herbste zu schreiten.

Der Ertrag der Rüben richtet sich nach der Art der Rüben, nach dem Culturzustande des Bodens, nach der Beschaffenheit der Pflanze und namentlich auch nach der Witterung. Grosse Rüben liefern gewöhnlich, auf dem Morgen Ackerland, an Rüben dem Gewicht nach mehr, aber nicht immer so viel Zucker als kleinere Rüben, wenn von diesen eine grössere Anzahl auf dem Morgen gebaut wird. Bei einer und derselben Rübenvarietät nimmt die Wässerigkeit des Saftes mit dem Gewicht der Rübe zu, oder, mit anderen Worten, der Zuckergehalt für gleiche Gewichtsmengen Rüben ab. So fand man in reifen Rüben

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| von 1/4 | Pfd. | Gewicht | 13 | pCt. Zucker, |
| „ 1/2—1 | „ | „ | 11—12 | „ „ |
| „ 2 | „ | „ | 8—10 | „ „ |
| „ 3 | „ | „ | 6— 7 | „ „ |

Der Zuckergehalt der Rüben vergrössert sich mit dem Wachsthum derselben, erreicht im Frühjahr sein Maximum, und verschwindet von da ab nach und nach vollständig, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Es fanden sich in einer Rübe, geerntet am | 2. Aug., | 5 | pCt. | Zucker, |
| ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, | 7. Sept., | 7,3 | ,, | ,, |
| ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, | 26. Sept., | 10,0 | ,, | ,, |
| ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, | 15. Nov., | 14,4 | ,, | ,, |
| ,, ,, ,, in einer in Blüthe stehenden Rübe | | 9,8 | ,, | ,, |
| ,, ,, ,, in Samen tragenden, zweijährigen Rüben | | 0,0 | ,, | ,, |

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass das Interesse des Landwirths dem Interesse des Zuckerfabrikanten geradezu entgegengesetzt ist. Der erstere bemüht sich, möglichst *starke* Rüben zu erzielen, um den Gewichtsertrag von einem Morgen zu erhöhen; der letztere dagegen, der die Steuer von den Rüben dem Gewichte nach zu zahlen hat, sucht möglichst *zuckerreiche* Rüben zu erhalten, also Rüben von mittlern Dimensionen, welche ausserdem gewöhnlich auch Rückstände geben, die reich sind an fester Substanz und somit grössern Nahrungswerth besitzen. Bemerkenswerth ist der nachtheilige Einfluss des Kochsalzes in dem Ackerboden auf den Zuckergehalt der Rüben, ein Einfluss, der in der Nähe der hessischen Saline Nauheim beobachtet worden ist. Infolge des Fruchtwech-

sels war ein Feld, in der Nähe der Gradirhäuser gelegen, mit Zuckerrüben bestellt worden. Man erhielt eine Ernte von gutem Aussehen, aber einen fadschmeckenden Saft, in welchem kaum Spuren von Zucker enthalten waren.

Ueber den Ertrag an Rüben in verschiedenen Gegenden hat man folgende Angaben. In Preussen giebt ein Morgen im Durchschnitt 146 Ctr. Thaer giebt an: der Ertrag vom Morgen könne bis auf 300 Ctr. gebracht werden, indessen sei dies etwas Ausserordentliches, und man könne selbst auf angemessenem Boden nur 180 Ctr. per Morgen annehmen. In der Gegend von Magdeburg rechnet man, dass jeder Quadratfuss 1 Pfund Rüben gebe; dies betrüge auf einen Morgen 235 Ctr. Man muss aber davon ein Viertel missrathene Rüben abziehen. Im Grossherzogthum Baden liefert ein preussischer Morgen 120—160 Ctr. Rüben. In Frankreich erntet man auf dem Hektare in den nördlichen Departements 40,000 Kilogramm, in anderen Departements 25,000 Kilogramm Rüben. Nach Boussingault enthält man in Frankreich von dem Hektare im Durchschnitt 30,000 Kilogramm. Nehmen wir eine durchschnittliche Ausbeute von 8 pCt. Zucker aus der Rübe an und reduciren wir vorstehende Flächenmasse auf den preussischen Morgen, so erhalten wir folgende Zusammenstellung für die Zuckerausbeute.

Es liefert ein preussischer Morgen (1 Morgen = $^1/_3$ Hektare; 4 Morgen = 3 bayer. Tagwerken):

| in: | nach: | Rüben überhaupt in Centnern: | fabrikationsfähige Rüben in Centnern: | Zucker in Pfund: |
|---|---|---|---|---|
| Oesterreich | Krause | 104—145 | 88—123 | 770—1084 |
| Oesterreich | Burger | 169—193 | 143—164 | 1256—1560 |
| Böhmen | Neumann | 112—145 | 95—123 | 836—1160 |
| Preussen | Lüdersdorf | 146 | 124 | 1088 |
| Preussen | Thaer | 180 | 153 | 1336 |
| Baden | Stölzel | 120—160 | 102—136 | 896—1196 |
| Frankreich nördliche Departements | Dumas | 198 | 168 | 1476 |
| andere „ | Dumas | 124 | 105 | 924 |
| Frankreich | Boussingault | 149 | 127 | 1116 |

Bestandtheile der Rübe.

Eine reife Rübe zerfällt von der Wurzelkrone aus in zwei Theile, von welchen der innere, der die eigentliche Wurzel bildet, aus concentrischen Ringen besteht, welche von einander durch mehr oder minder dichte Schichten von Saftbläschen getrennt sind. Die Gefässröhren enthalten keinen Zucker, welcher dagegen in den Saftbläschen in grösserer oder geringerer Menge flüssig vorhanden ist; diejenigen Bläschen, welche den Gefässen zunächst liegen, sind kleiner, stehen gedrängter und enthalten die zuckerreichste Flüssigkeit. Alle Bläschen sind vollkommen durchsichtig und enthalten weder Stärkemehl, noch krystallisirte Salze. Der über der Erde befindliche Theil der Rübe ist arm an Zucker. Die mittlere

chemische Zusammensetzung, eine gute schlesische Rübe vorausgesetzt, ist folgende:

| | |
|---|---|
| Wasser | 83,5 |
| Zucker und Spuren von Dextrin (ungefähr 0,1) | 10,5 |
| Holzfaser | 0,8 |
| Albumin, Caseïn und andere eiweissähnliche Körper | 1,5 |
| Fett | 0,1 |
| Organische Substanzen, wie Aepfelsäure, Pektin und Pektinsäure, sich färbender Stoff, Asparagin u. s. w. | 3,7 |
| Organische Salze, als oxalsaurer und pektinsaurer Kalk, Kali und Natron | |
| Unorganische Salze, als salpetersaures, schwefelsaures Kali, Chlorkalium, phosphorsaurer Kalk und Magnesia u. s. w. | |

Alle diese Stoffe bildet die Rübe aus den atmosphärischen Nahrungsmitteln mit Ausnahme der unorganischen Salze, welche sie dem Ackerboden entzieht. Nimmt man den ganzen Ertrag eines Morgens im mittleren Boden zu 13,000 Pfd. Rüben an, so lässt sich berechnen, dass durch die Wurzeln dem Boden gegen 100 Pfd. mineralische Bestandtheile (namentlich Kalisalze, phosphorsaure Magnesia u. s. w.) entzogen werden. Da bei einem rationellen Rübenbau die Blätter in dem Boden als Dünger zurückbleiben sollen, und der Ertrag an grünen Blättern im Durchschnitt 9125 Pfd. per Morgen beträgt, welche 218 Pfd. Mineralsalze enthalten, so würde dem Boden durch die Blätterdüngung weit mehr zurückgegeben, als ihm durch die Wurzeln entzogen wurde.

Darstellung des Zuckers.

Die ganze Darstellung des Zuckers aus den Rüben zerfällt in eine ziemlich lange Reihe theils mechanischer, theils chemischer Operationen, von deren zweckmässiger Ausführung die Qualität und Quantität des gewonnenen Zuckers abhängt.

Die mechanischen Operationen bezwecken die Gewinnung des Saftes; sie bestehen in

1) dem Waschen der Rüben,
2) dem Zerreiben derselben,
3) dem Auspressen des Saftes;

die chemischen Operationen, deren Zweck Reindarstellung des Zuckers und Entfernung aller den Zucker begleitenden fremden Substanzen ist, bestehen in

1) der Läuterung des Saftes,
2) dem Eindampfen desselben,
3) dem Filtriren durch Thierkohle,
4) dem Verkochen des Klärsels,
5) der Krystallisation des Zuckers.

Gewinnung des Saftes.

Im Monat September oder October, wenn die Blätter anfangen gelb zu werden, nimmt man die Runkelrüben aus der Erde und bewahrt sie für die Dauer der Fabrikation, von Anfang October bis Fe-

bruar in Gruben auf. Ehe man aus den Rüben den Saft gewinnen kann, muss man sie waschen und von anhängender Erde und Steinen befreien, die sonst den Saft verunreinigen und die Zähne der Reibmaschine verderben würden. Das Waschen geht, nachdem die Rüben von den anhängenden grössern Stücken Erde befreit worden sind, in Waschtrommeln (Fig. 107) vor sich, in denen die Rüben mit Wasser bewegt werden. Nach dem Waschen werden die Rüben zerrieben. Die Rübe ist ein Aggregat von Zellen, in denen der Saft enthalten ist; die Zellen müssen zerrissen werden, um den Saft zu gewinnen. Je weniger Zellen unzerrissen bleiben, desto grösser ist die Ausbeute an Saft. Dies geschieht fast allgemein auf Thierry's Reibmaschine (Fig. 108), die aus einer Holzwalze *B* besteht, deren Oberfläche dicht mit Zähnen besetzt ist, so dass sie gewissermassen einem grossen Reib-

Waschen.

Reiben.

Fig. 107.

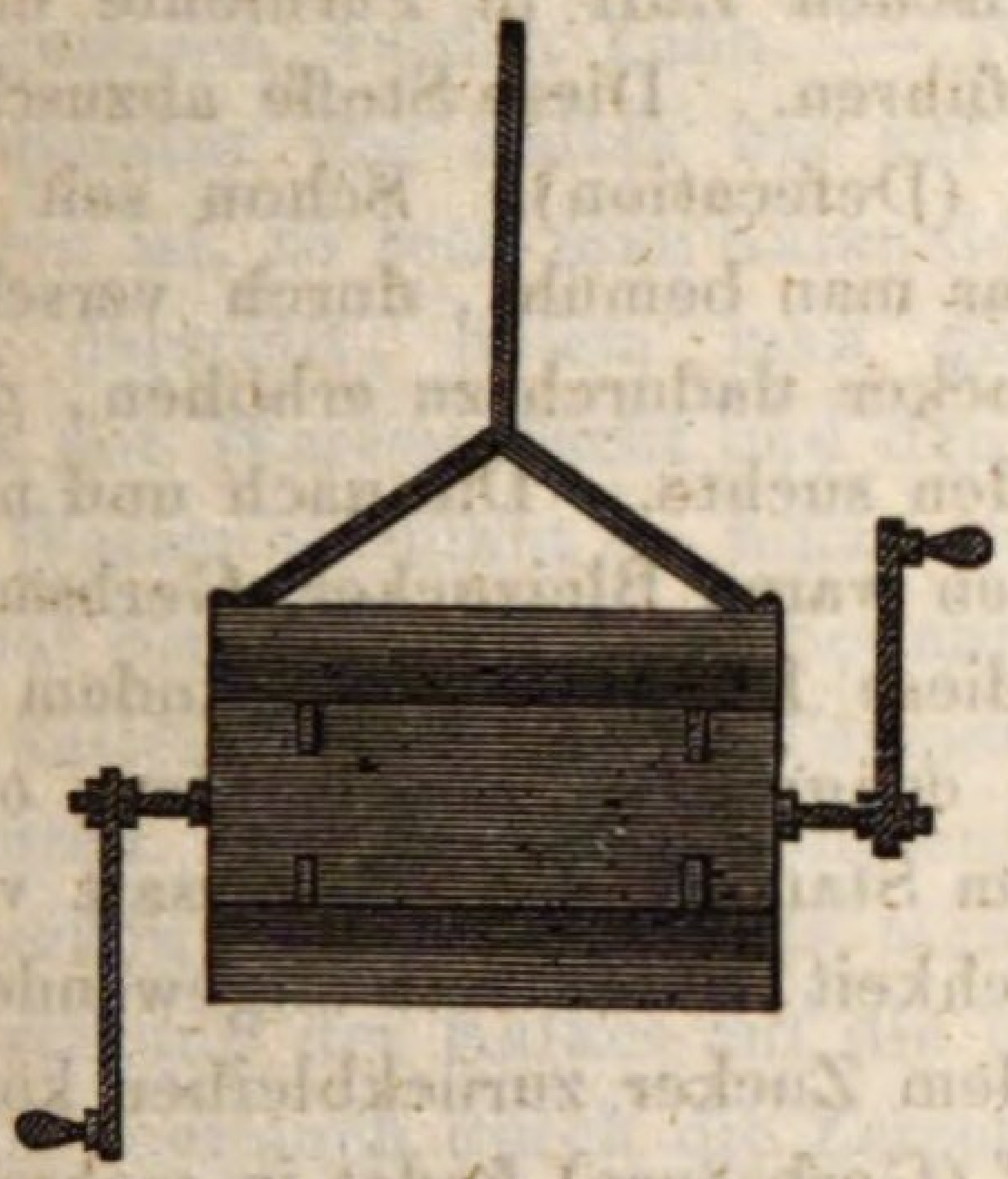
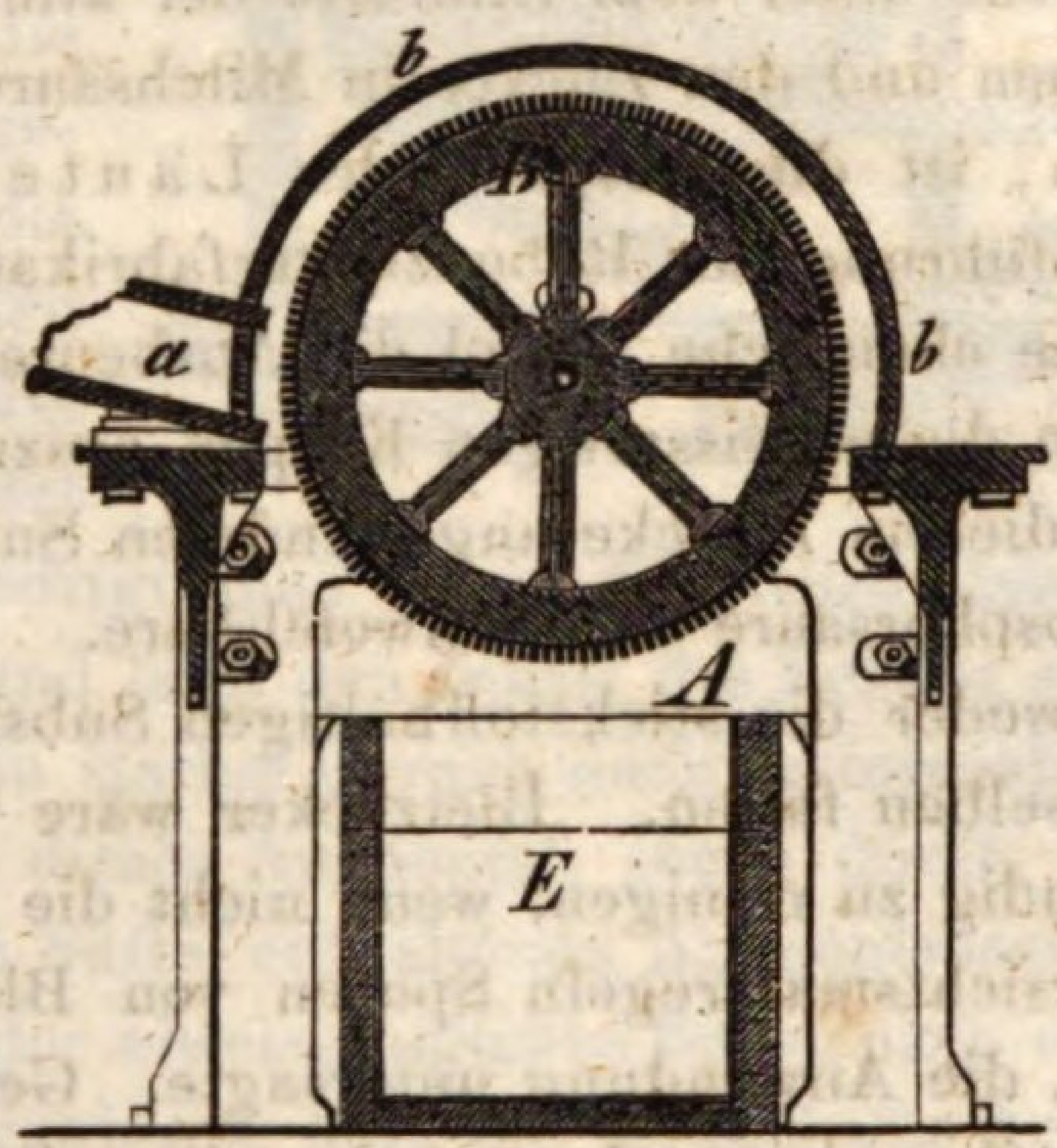


Fig. 108.




eisen gleicht. Die Rüben werden durch die Hand des Arbeiters oder durch eine eigenthümliche Vorrichtung — Poussoir — bei *a* an die Hohlwalze angedrückt, welche in der Minute 1000 Umdrehungen macht. Der um die Walze herumliegende Mantel *b b* verhindert das Umherschleudern des Breies, der von dem Troge *E* aufgenommen wird. *A* ist ein eiserner Kasten, der zum Befestigen der Maschine dient. Der Brei wird darauf meist vermittelst einer hydraulischen Presse ausgepresst. Der Saft hat, je nachdem er längere oder kürzere Zeit der Luft ausgesetzt war, eine braune bis schwarze Farbe. Der abgepresste Rückstand wird mit Wasserdämpfen behandelt, nochmals ausgepresst und dann als Viehfutter benutzt. Anstatt des Zerreibens und Auspressens hat man das Maceriren empfohlen, wobei die Rüben in dünne Scheiben zerschnitten und dann in Fässern mit Wasser eingeweicht werden. Das Wasser wird durch Wasserdämpfe bis auf 100° erwärmt. Nach Schützenbach's Verfahren werden die gereinigten Rüben in Würfel geschnitten

Auspressen.

und getrocknet und dann nach Bedarf mit Wasser ausgezogen. Die Ausbeute an Saft beträgt durchschnittlich 80 Proc. vom Gewicht der Rüben. Das neue Verfahren von Schützenbach besteht wesentlich darin, dass der durch Reiben erhaltene Rübenbrei nicht ausgepresst, sondern ausgewaschen wird. Die neueste Methode der Saftgewinnung ist die vermittelst der (weiter unten zu beschreibenden) Centrifugalmaschine; der mit Hülfe der Reibmaschine gewonnene Brei wird in die Centrifuge gebracht, welche bei einer Drehung von 1200—1500 Umläufen in der Minute den Saft so vollständig herumschleudert, dass man über 87 pCt. vom Gewichte der Rübe gewinnt, während beim Pressen gewöhnlich nur 80 pCt. gewonnen werden.

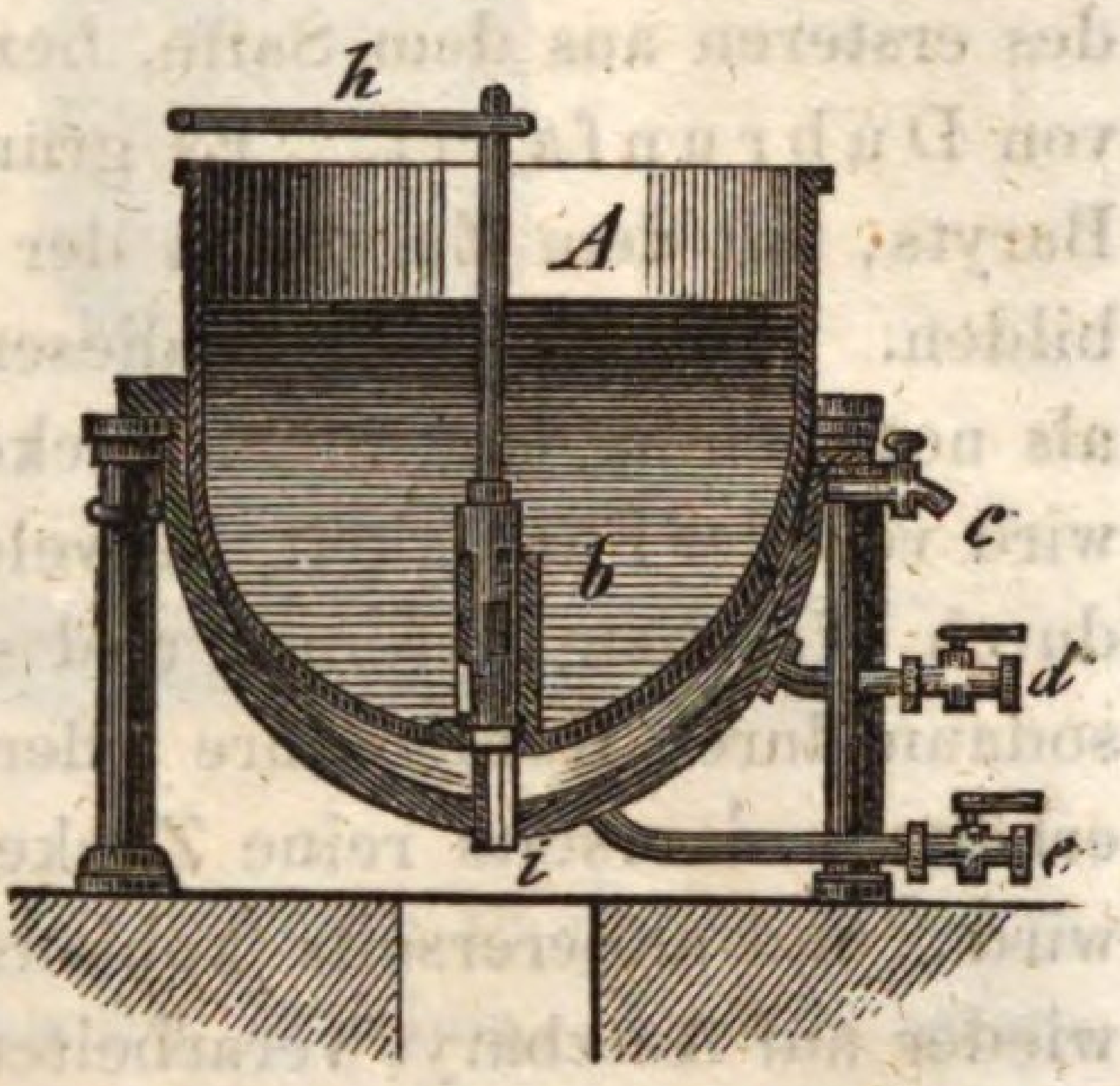
Läuterung des Saftes. Der frische unveränderte Saft reagirt sauer und enthält eine grosse Menge von stickstoffhaltigen organischen Substanzen und Salzen, welche theils das Verderben des Saftes veranlassen, theils auch die Krystallisation des Zuckers verzögern. Besonders die ersteren sind es, welche unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft in Fermente übergehen und den Zucker in Milchsäure überführen. Diese Stoffe abzuscheiden, ist die Aufgabe der Läuterung (Defecation). Schon seit der Einführung der Rübenzuckerfabrikation war man bemüht, durch verschiedene chemische Mittel die Ausbeute an Zucker dadurch zu erhöhen, dass man die eiweissartigen Körper auszuscheiden suchte. Die nach und nach zu diesem Zwecke angewendeten Substanzen waren Bleizucker, Gerbsäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Alle diese Körper wirken, indem sie entweder die stickstoffhaltigen Substanzen coaguliren, ausscheiden, oder dieselben fällen. Bleizucker wäre wohl im Stande, den Zuckersaft vollständig zu reinigen, wenn nicht die Möglichkeit, dass trotz angewendeter Vorsichtsmassregeln Spuren von Blei in dem Zucker zurückbleiben könnten, die Anwendung untersagte. Gerbstoff (Gerbsäure) findet in mehreren Fabriken Anwendung; dasselbe gilt auch von der Phosphorsäure. Nach Lüdersdorff übertrifft letztere an Wirksamkeit alle anderen Substanzen, und sie würde wohl die übrigen bei der Zuckerfabrikation angewendeten verdrängen, wenn sie billiger darzustellen wäre. Man hat ferner versucht das Verderben des Saftes dadurch zu verhindern, dass man den Zutritt der Luft abschloss; man sucht dies durch Begiessen der Rüben, während des Zerreibens mit kohlensäurehaltigem Wasser (nach Kuhlmann), durch die Anwendung von Stickstoffoxyd ($NO_2$) und durch die von schwefliger Säure ($SO_2$) zu erreichen. Letztere beide Substanzen sollten, indem sie der in dem Safte gelösten Luft den Sauerstoff entziehen, und dadurch in salpetrige Säure ($NO_3$) und Schwefelsäure ($SO_3$) übergehen, den Saft conserviren.

Melsens Methode. Melsens in Brüssel hat vor etwa einem Jahrzehnd durch die Anwendung von saurem schwefligsaurem Kalk (CaO, 2 $SO_2$) bei der Ausziehung des Saftes, bis zu 8 pCt. Zucker aus der Rübe ausgezogen. Werden auch die Hoffnungen, die sich an Melsens Methode der Zuckerausbringung knüpften, nicht alle erfüllt, so steht doch zu erwarten,

dass man durch dieselbe den Zucker weit vollständiger als bisher aus der Rübe ausziehen, und die Thierkohle als Entfärbungsmittel wird ersparen können.

Der Läuterkessel. Die jetzt gebräuchliche Läuterungsmethode besteht darin, den Saft, so wie er die Presse verlässt, in besonderen kupfernen Kesseln, deren Bodenstück mit einem gusseisernen Mantel versehen, um den überflüssigen Dampf einer Dampfmaschine benutzen zu können, einige Minuten bis auf 60—70⁰ zu erhitzen, und sodann in den Läuterkessel laufen zu lassen. Dieser Kessel (Fig. 109) hat ebenfalls doppelten Boden und wird vermittelst Dampf geheizt. Die Röhre mit dem Hahne *d* dient zum Einlassen des Dampfes, *e* zum Ablassen des condensirten Wassers und *c* zum Einströmenlassen von Luft. *b* ist ein Decantirhahn, aus welchem durch eine Umdrehung bei *h* der geläuterte Saft bei *i* abgelassen werden kann. — Wenn die Temperatur des Saftes bis auf 75⁰ gestiegen ist, so setzt man Kalkmilch — die man darstellt, indem man gebrannten Kalk mit Wasser löscht und den Kalkbrei mit Wasser verdünnt — hinzu und erhitzt darauf bis zum Sieden. Sodann erniedrigt man durch Einströmenlassen von kalter Luft bei *c* die Temperatur und lässt den Inhalt des Kessels sich absetzen. Während des Erhitzens ist ein starker Geruch nach Ammoniak zu bemerken. Früher glaubte man, dass dieses Ammoniak theils durch die Einwirkung des Kalkes auf die in dem Safte enthaltenen Ammoniaksalze, theils aber auch durch die Zersetzung der eiweissähnlichen Substanzen entstehe. Hochstetter hat aber nachgewiesen, dass die Runkelrübe keine Ammoniaksalze enthalte, und Dubrunfault, dass das Auftreten von Ammoniak in der Zuckergewinnung aus Rüben zum Theil von einem durch den Kalk bedingten Zerfallen des Asparagins in Asparaginsäure und Ammoniak herrühre. Die beendigte Läuterung erkennt man daran, dass eine herausgenommene Probe der Flüssigkeit eine helle weingelbe Farbe zeigt, und die ausgeschiedenen Schaumflocken scharf abgeschieden darin herumschwimmen. Da fast immer ein Ueberschuss von Kalk angewendet worden ist, so enthält die Flüssigkeit Kalk als Zucker-Kalk gelöst. Um diesen Kalk zu entfernen, bedient man sich nach Achard der Schwefelsäure, die sich mit dem Kalke zu Gyps verbindet und unlöslich zu Boden fällt. Da aber eine sehr kleine Menge überschüssig zugesetzter Säure fähig ist, den Rohrzucker in Krümelzucker umzuwandeln, so hat man jetzt fast allgemein auf die Anwendung der Schwefelsäure verzichtet. Boucher wendet zu demselben Zwecke Ammoniakalaun an, der mit dem Kalke Gyps bildet, während Thonerdehydrat ausgeschieden wird, welches die Klärung des Saftes befördert.

Fig. 109



Ein anderes Verfahren, den überschüssigen Kalk in der Zuckerlösung fortzuschaffen, besteht darin, Pektinsäure*) zu derselben zu setzen, die sich mit dem Kalke zu unlöslichem pektinsaurem Kalk verbindet. Dieses Verfahren ist in einigen Fabriken Belgiens eingeführt worden.

Dubrunfault's Methode. Die bisher gebräuchlichen Methoden der Abscheidung des Rohrzuckers aus den Rüben beruhen darauf, dass die fremden Stoffe in eine unlösliche Form oder Verbindung übergeführt werden, also auf einer Abscheidung dieser Stoffe von dem Zucker. Das Umgekehrte, nämlich die Abscheidung des Zuckers von den fremden Stoffen durch Ausfällen des ersteren aus dem Safte, bezweckt das neuerdings patentirte Verfahren von Dubrunfault. Es gründet sich auf die bekannte Eigenschaft des Baryts, mit dem Zucker in der Siedehitze eine unlösliche Verbindung zu bilden. Man versetzt zu diesem Zwecke den Saft mit so viel Aetzbaryt, als nothwendig ist, allen Zucker zu fällen; der entstandene Niederschlag wird von der Flüssigkeit, in welcher alle übrigen Substanzen gelöst bleiben, durch Waschen getrennt, und stellt nun einen Zuckerbaryt dar, den man sodann durch Kohlensäure oder verdünnte Schwefelsäure zersetzt. Man erhält so einerseits reine Zuckerlösung, welche wie gewöhnlich versotten wird, und andererseits kohlensauren oder schwefelsauren Baryt, welche wieder auf Aetzbaryt verarbeitet werden.

Rousseau's Methode. Rousseau's Methode ist der von Dubrunfault ähnlich; nach ihr wird der Zucker an Kalk gebunden und der Zuckerkalk durch Kohlensäure zersetzt. Das Verfahren ist folgendes: Der Rübensaft wird wie gewöhnlich geläutert, aber etwa 3 — 4 mal so viel Kalk zugesetzt, damit aller in dem Safte enthaltene Zucker sich mit dem Kalke zu Zuckerkalk ($3\ C_{12}\ H_{11}\ O_{11} + 2\ CaO$) verbinde. Die heisse Flüssigkeit wird durch Knochenkohle filtrirt und in einen Läuterungskessel *A* (Fig. 110 S. 399) gelassen, in welchem die Zersetzung des Zuckerkalkes durch Kohlensäure geschieht. Die Pumpe *A* treibt Luft unter den Rost des Ofens *O*, in welchem Holzkohle oder Koks verbrannt werden. Die entstandene Kohlensäure wird in *E* gewaschen und dann durch das Rohr *a*, welches in die Brause *n* mündet, in den Kessel *A* geleitet. Sobald die

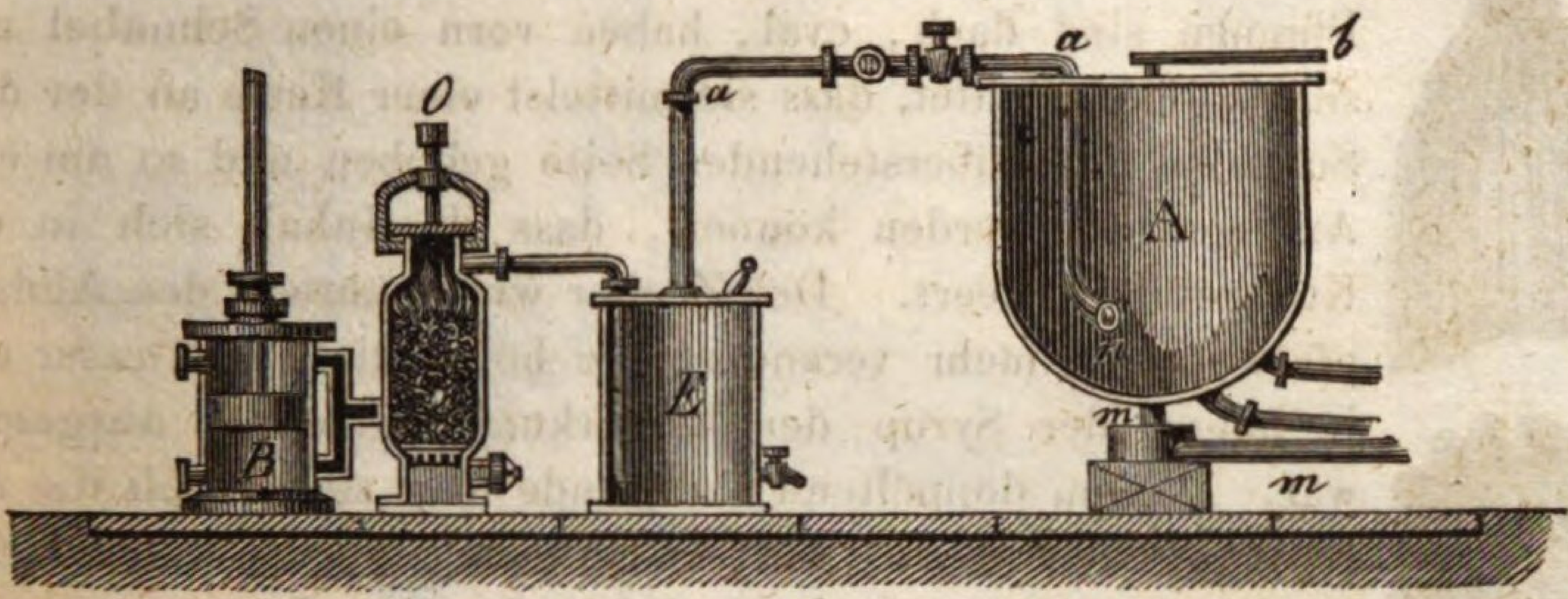
*) Die Pektinsäure $C_{32}\ H_{22}\ O_{30}$, von Braconnot entdeckt, kommt nicht fertig gebildet in den Pflanzen vor, sondern entsteht erst durch die Einwirkung von Pektase, einer eiweissartigen Substanz, auf einen fast in allen Pflanzen vorkommenden Körper, die Pektose. Den hierbei stattfindenden Vorgang, durch welchen die Pektinsäure gebildet wird, hat man mit dem Namen der Pektinsäuregährung bezeichnet. Sie lässt sich der Milchsäuregährung an die Seite stellen, in welcher der Milchzucker durch die Einwirkung des Caseins als Ferment in Milchsäure übergeht. Behufs der erwähnten technischen Anwendung stellt man die Pektinsäure dar, indem man Runkelrüben zerreibt, den Brei mit einer Lösung von kohlensaurem Natron auskocht, die entstandene Lösung von pektinsaurem Natron durch Chlorcalcium zersetzt, wodurch sich unlöslicher pektinsaurer Kalk bildet, und diesen endlich mit Salzsäure digerirt. Es scheidet sich hierbei die Pektinsäure als grauweisse Gallerte aus.

Abscheidung des kohlensauren Kalkes vor sich gegangen ist, lässt man die siedende Flüssigkeit durch das Rohr *m*, dessen Hahn durch den Arm *b* geöffnet wird, auf ein gewöhnliches Kohlenfilter fliessen.

Filtration des geläuterten Saftes durch Knochenkohle.

Der durch die Läuterung gereinigte Saft enthält noch färbende Substanzen, Kalk und Salze, welche ihm zum grössten Theile durch unmittelbare Filtration durch Knochenkohle entzo-

Fig. 110.




gen werden können. Die Anwendung der Knochenkohle zu diesem Zwecke hat der Fabrikation einen ungeheuren Aufschwung gegeben. Früher setzte man die Knochenkohle in die Klärpfanne und schied sie sodann auf dem Filter von dem Syrupe. Ein Filter dieser Art ist das von Taylor angegebene. Dasselbe besteht aus einem Kasten, der unter dem Rande durch einen Querboden in zwei Abtheilungen gebracht worden ist. Die obere Abtheilung enthält den zu filtrirenden Saft, während die untere die Filtrirvorrichtung und den filtrirten Saft enthält. Die Filter bestehen aus langen baumwollenen Schläuchen von der Fig. 111 nächste Seite dargestellten Form. Jeder Kasten enthält deren 40—50. Die zuerst ablaufende Flüssigkeit ist stets von etwas suspendirter Thierkohle trübe und muss deshalb zurückgegossen werden. Da sich bei diesen Schläuchen die Poren leicht verstopfen, so müssen die Filter häufig gewechselt werden.

Taylor's Filter.

Dumont's Filter.

Diesem Uebelstande zu begegnen, wurde von Dumont vorgeschlagen, die Kohle grob gepulvert nicht in den Syrup, sondern in ein Filter zu bringen und den Syrup langsam durch die Kohle fliessen zu lassen. Diese Dumont'schen Filter sind jetzt allgemein im Gebrauch. Umstehende Figur (Fig. 112) zeigt uns ein solches Filter im Durchschnitt. *A* ist ein mit Kupferblech ausgefütterter Kasten, der bei *B* mit einem beweglichen durchlöcherten Boden aus Kupferblech und bei *c* mit einem Hahn versehen ist. *E* ist ein zweiter durchlöcherter Boden. In dem Raume zwischen *B* und *E* befindet sich die sorgfältig eingetragene vorher befeuchtete Knochenkohle. Der Hahn *e* führt den Syrup aus dem Reservoir *D* in den Filtrirkasten. Der Schwimmer *f* dient zur Regulirung der Stellung des Hahns. Durch die Oeffnung bei *d* wird die erschöpfte

Kohle aus dem Filtrirkasten entfernt. Der Syrup wird allgemein heiss filtrirt. Nach dem Filtriren gelangt der Saft, das Klärsel, in die Siedepfannen, um abgedampft (verkocht) zu werden. Man unterscheidet Pfannen mit gespanntem Dampf und gewöhnlichem Luftdruck, und Vacuumpfannen. Die ersteren sind stets offene Pfannen, in welchen über freiem Feuer oder durch Dampf die Flüssigkeit in festen oder beweglichen Pfannen, den sogenannten Kipppfannen, gekocht wird. Die Pfannen sind flach, oval, haben vorn einen Schnabel und sind so eingerichtet, dass sie mittelst einer Kette an der dem Schnabel gegenüberstehenden Seite gehoben und so um eine Axe gedreht werden können, dass ihr Inhalt sich in das Kühlgefäss entleert. Der Zucker wird während des Abdampfens um so mehr verändert, je höher die Temperatur und je länger der Syrup der Einwirkung derselben ausgesetzt war. Diesem doppelten Uebelstande lässt sich durch die Anwendung der Vacuumpfanne begegnen, bei welcher die Verdampfung in einem luftverdünnten Raume vor sich geht. Howard war durch seinen Apparat im Stande, den Siedepunkt auf 65 — 70⁰ zu erniedrigen und so der Zersetzung des Zuckers möglichst vorzubeugen. Umstehende Figur (Fig. 113) zeigt uns den Durchschnitt des Howard'schen Apparates *A* ist der Siedekessel, dessen Inhalt durch *a* entleert werden kann. Der Kessel wird durch den bei *c c* befindlichen Dampf erwärmt. Der Dampf strömt bei *b* ein, *d* dient zum Ablassen des condensirten Wassers. *B* ist eine Vorrichtung, vermittelst welcher man eine Probe Syrup aus dem Kessel nehmen kann, ohne dass Luft in denselben tritt. *C* ist das Reservoir, aus welchem Syrup in den Kessel nachfliesst. Durch den Helm *D* wird der Kessel verschlossen. Der während des Siedens sich entwickelnde Wasserdampf entweicht durch das Rohr *E* in das Gefäss *F*, das durch ein Kupferblech in zwei Hälften geschieden ist. Die condensirten Wasserdämpfe fliessen durch *h* nach *H*. Der Stand des Wassers wird durch die Glasröhre angezeigt und das Wasser durch *i* abgelassen. Der in *G* einströmende Wasserdampf wird durch das bei *m* auffliessende Wasser condensirt; das verdichtete Wasser durch *i* vermittelst einer durch Dampfkraft in Bewegung gesetzten Luftpumpe fortgeschafft. Letztere, so wie die Erforderniss einer bewegenden Kraft, machen den Howard'schen Apparat kostspielig und nur für grosse Fabriken geeignet.

Klärsel.

Howard's Apparat.

Fig. 111.



Fig. 112.

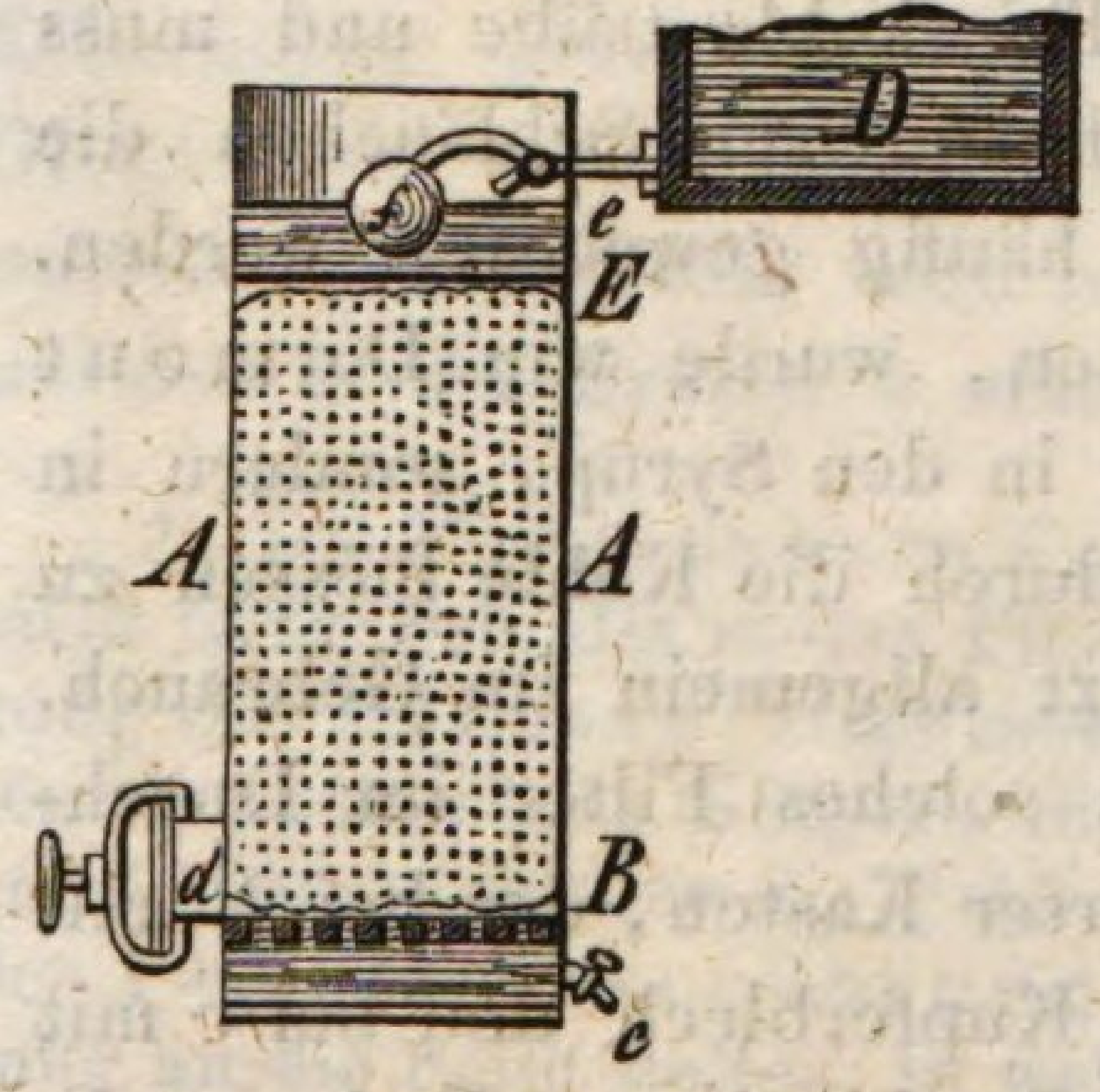
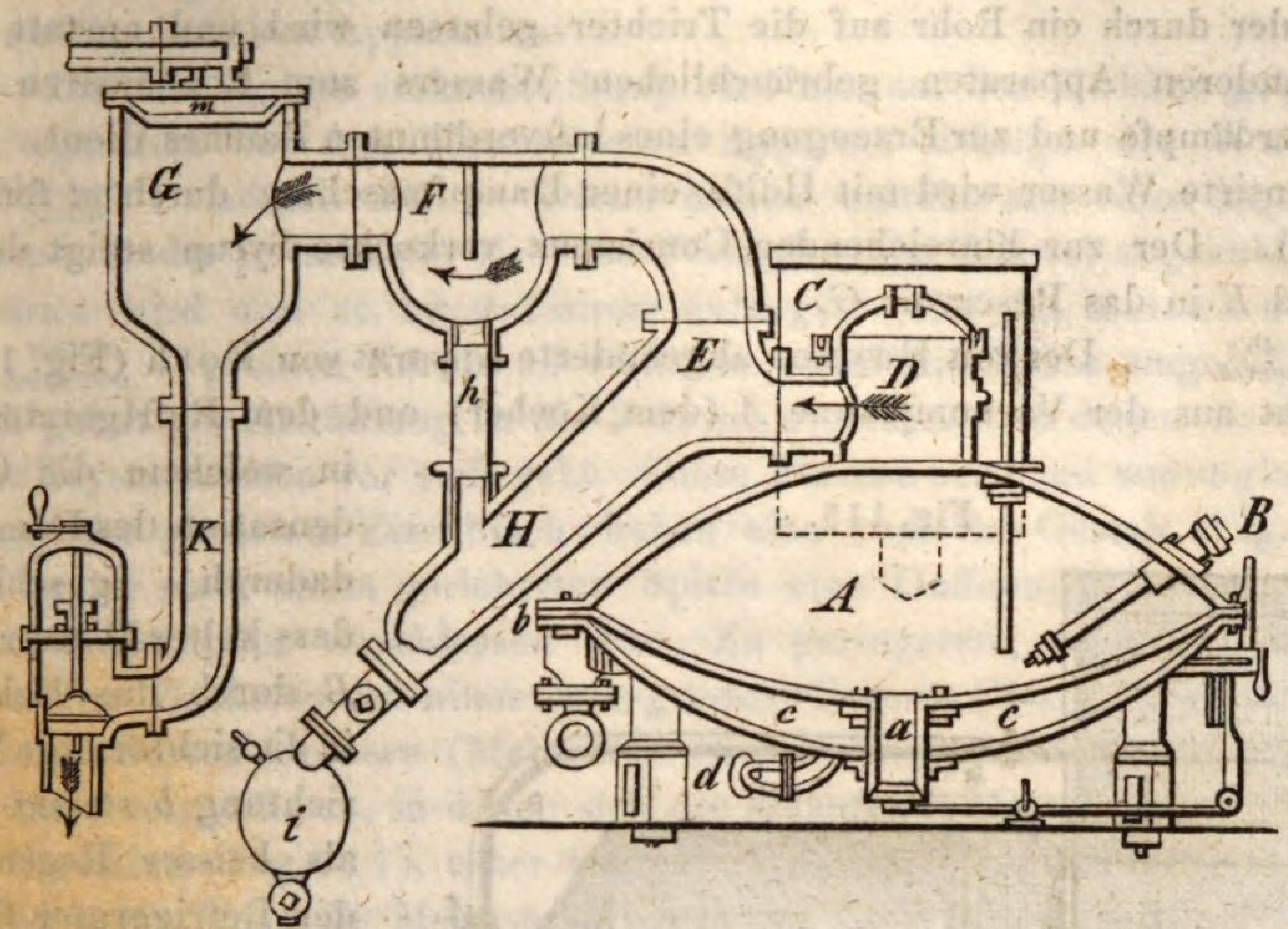
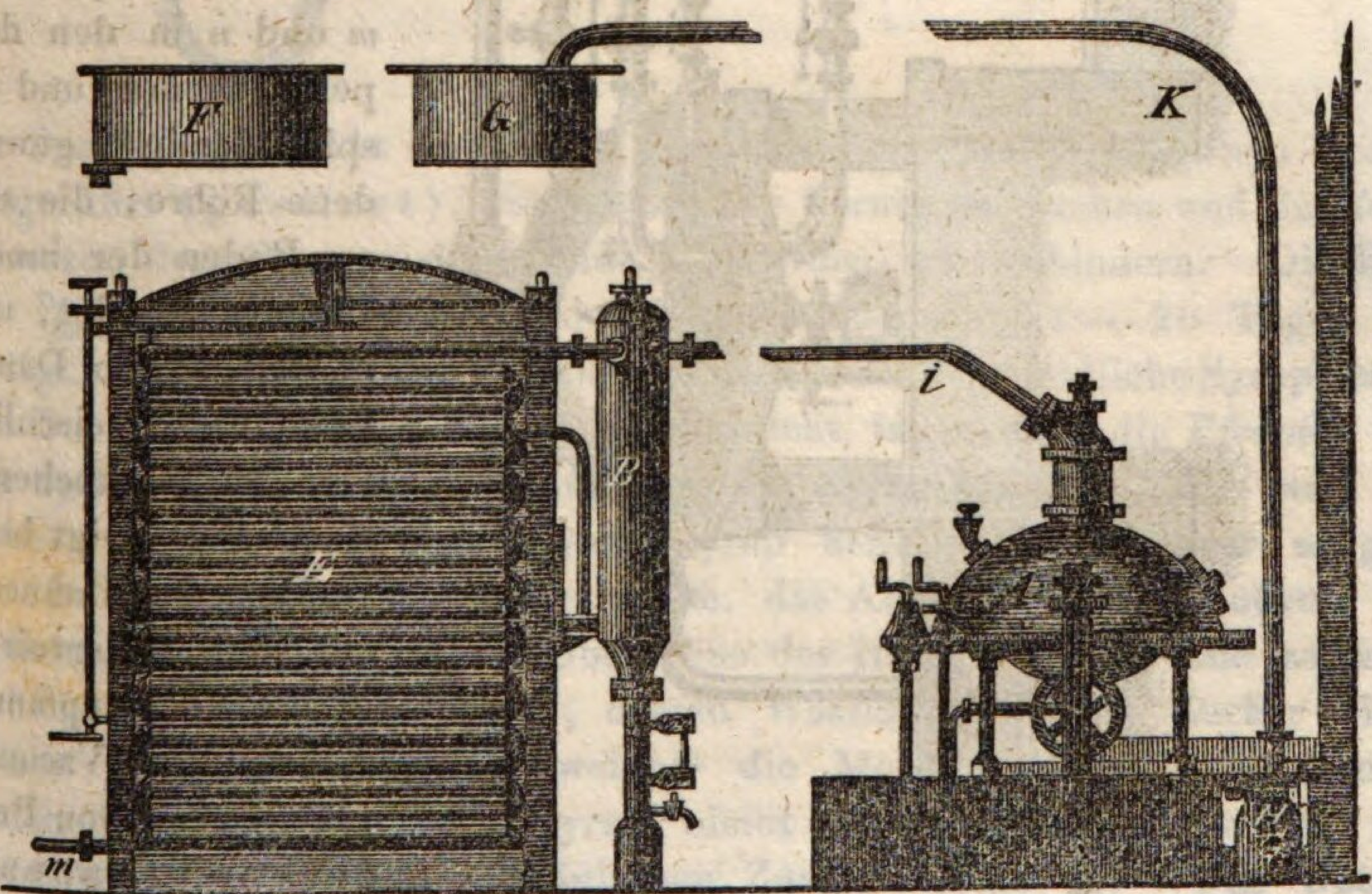


Fig. 113.




Apparat von Derosne. Ein anderer Apparat ist der von Derosne, der aber in der That nur ein verbesserter von Degrand ist. Fig. 114 zeigt uns den Durchschnitt dieses Apparates, von welchem wir nur das Wesentlichste anführen wollen. *A* ist der zum Abdampfen dienende Kessel, der durch ein Wasserbad geheizt wird. Die sich entwickelnden Dämpfe gelangen durch das Rohr *i* durch den Cylinder *B* — der zum Zweck hat, den etwa übersteigenden Saft aufzunehmen — in das Schlangenrohr des Conden-

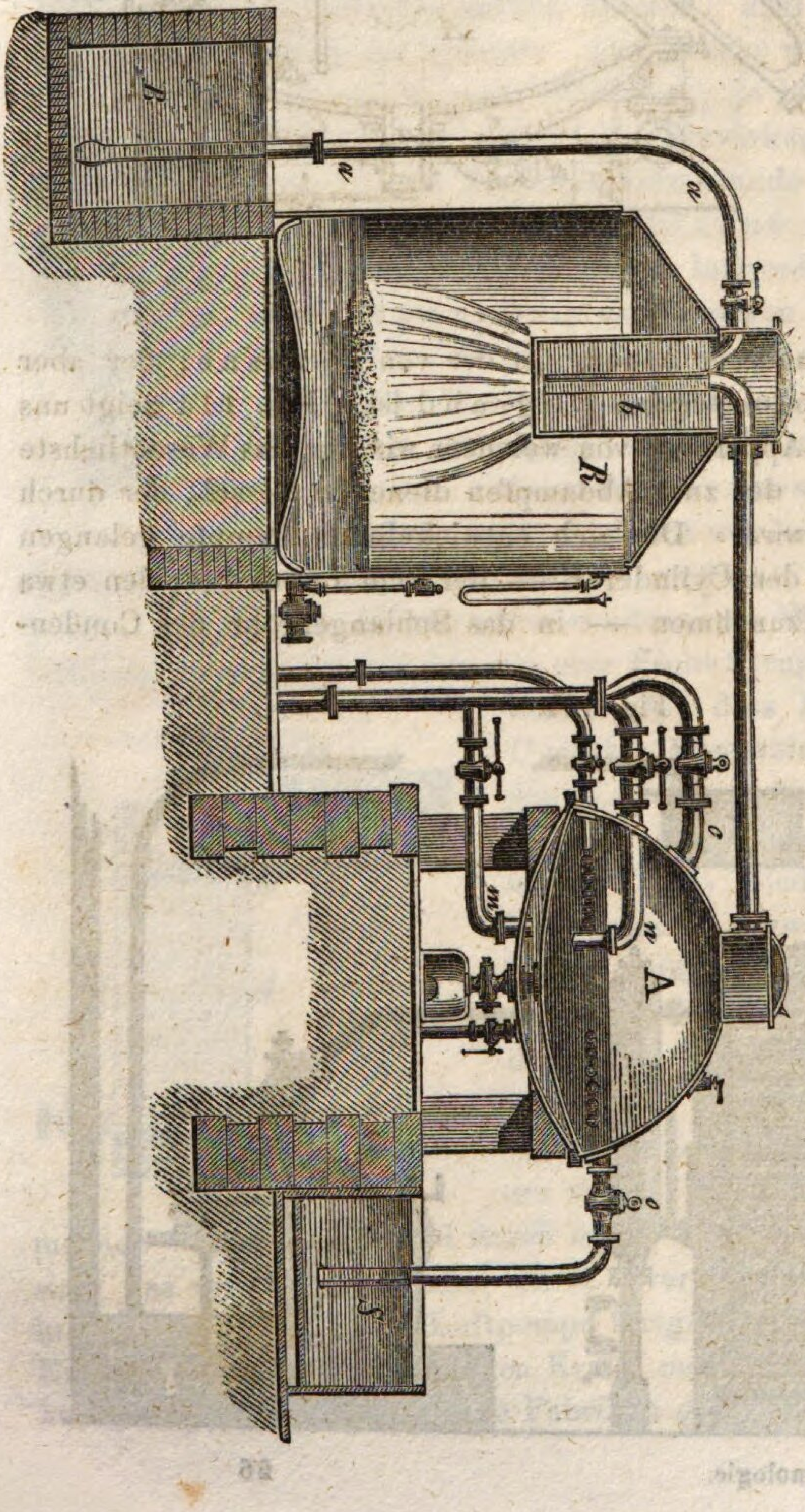
Fig. 114.



sationsraums *E*. In dem Gefässe *F* befindet sich unverkochter Zuckersaft, der durch ein Rohr auf die Trichter gelassen wird und anstatt des bei anderen Apparaten gebräuchlichen Wassers zum Condensiren der Wasserdämpfe und zur Erzeugung eines luftverdünnten Raumes dient. Das condensirte Wasser wird mit Hülfe einer Dampfmaschine durch *m* fortgeschafft. Der zur hinreichenden Consistenz verkochte Syrup steigt durch *H* und *K* in das Reservoir *G*.

Roth's Apparat. Der von Bayvet abgeänderte Apparat von Roth (Fig. 115) besteht aus der Vacuumpfanne *A* (dem Kocher) und dem Refrigerator *R*, in welchem die Condensation des Dampfes dadurch geschieht, dass kaltes Wasser aus *B* durch das Rohr *a* in die siebförmige Vorrichtung *b* strömt und als heisser Regen in den Refrigerator fällt. Der luftverdünnte Raum wird durch Dampf, der durch *c* einströmt, erzeugt. Sobald die Luft ausgetrieben ist, condensirt sich der Dampf in *R*. Zur Beschleunigung des Kochens tritt zugleich Dampf durch *m* und *n* in den doppelten Boden und die spiralförmig gewundene Röhre, die sich am Boden der innern Pfanne befindet, und in welcher der Dampf beständig circulirt. Der zu verkochende Zuckersaft steigt beim Oeffnen des Hahnes *o* aus dem Reservoir *S* in die Vacuumpfanne. Aehnliche Vacuumpfannen sind von Pelletan, Trappe und

Fig. 115.



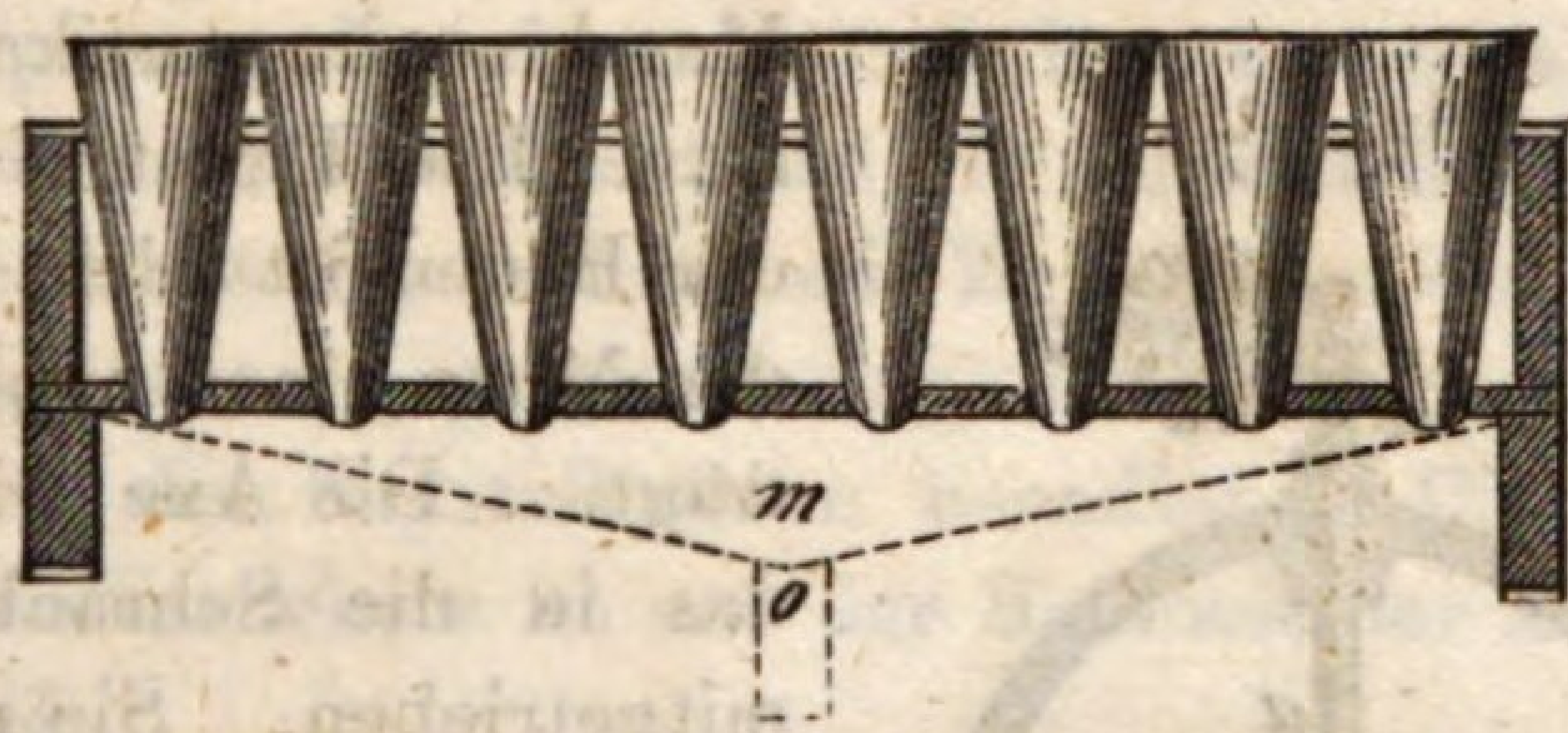
Anderen vorgeschlagen worden. In Deutschland wendet man häufig den Tischbein'schen Apparat an.

Der hinlänglich verkochte Syrup wird nun auf den Kühler gebracht, der eigentlich bei dem Howard'schen Apparate richtiger der Wärmer Kühlen des Saftes. heissen sollte. Dieser Kühler besteht aus einer kupfernen Pfanne, in der je nach der Art des Versiedens das Klärsel abgekühlt oder erwärmt wird und zu krystallisiren anfängt. Um das Entstehen eines Füllen desselben. grossen Kornes zu verhüten, wird die Masse umgerührt und nach gehöriger Abkühlung in die Formen vertheilt, in denen die eigentliche Krystallisation vor sich geht. Diese Formen bestehen aus unglasirtem Thon oder glasirtem Eisenblech, haben eine konische Gestalt (Fig. 116) und in der nach unten gerichteten Spitze eine Oeffnung, die mit einem Leinwandpfropfen verschlossen ist. Zu geringeren, schwierig krystallisirenden Zuckersorten nimmt man grössere Formen (Basterformen), zu den besseren Sorten kleinere (Melisformen). Diese Formen stehen entweder auf Untersetzgefässen, in denen sich die ablaufende Masse ansammelt, oder auf Gestellen (Fig. 117), unter welchen sich ein Abtropfgefäss *m* aus Zink befindet, aus dem die Melasse in besondere Gefässe *o* abläuft. Nachdem

Fig. 116.



Fig. 117.

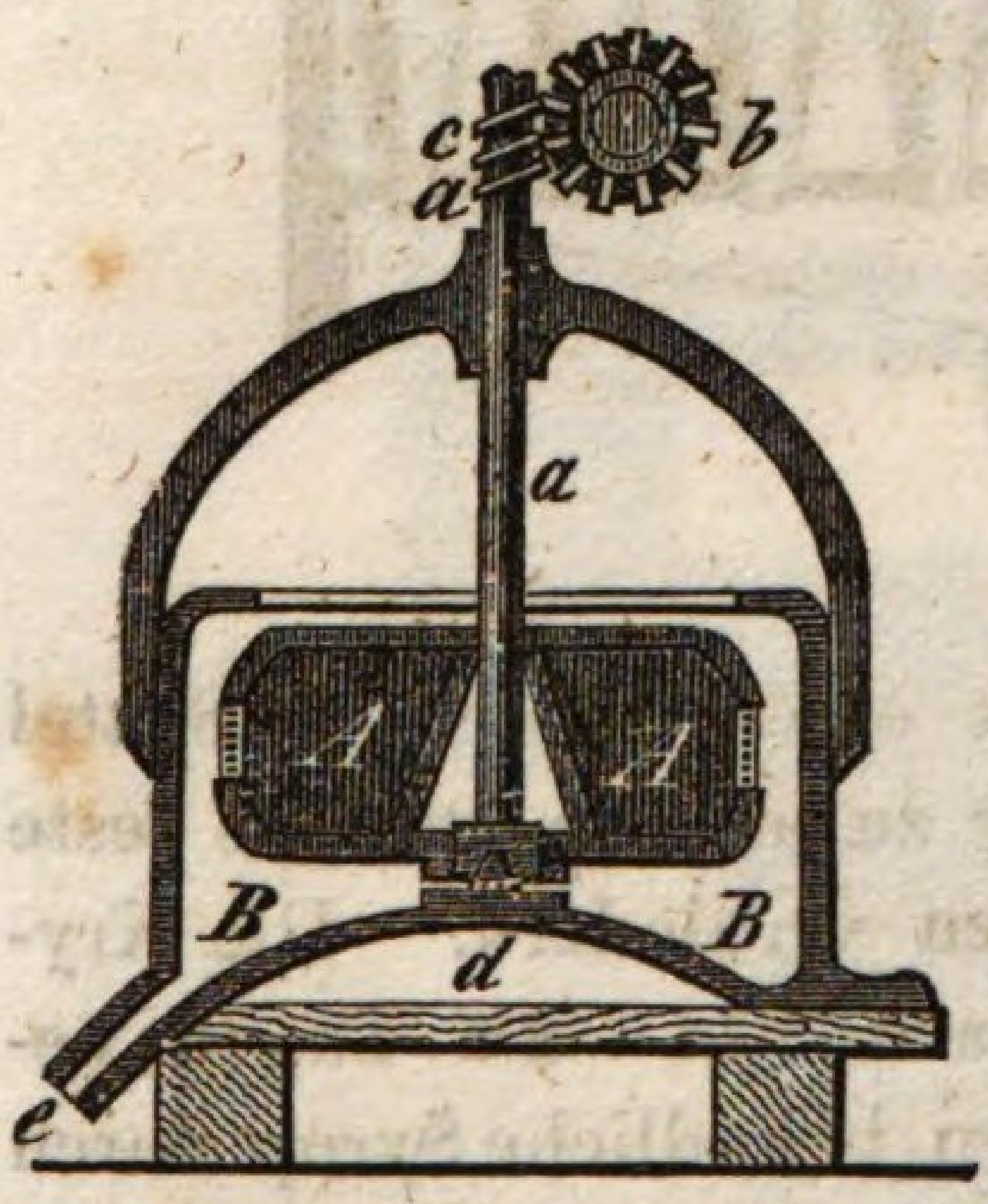



die Formen gefüllt sind, wird der Inhalt mit einem hölzernen Spatel umgerührt (gestirrt), um den Zucker körnig zu machen und das feste Ansetzen desselben an die Wände der Formen zu verhindern. Die Kry- Decken des Zuckers. stallisation in den Formen ist nach 14 — 20 Tagen beendigt. Sodann wird der zwischen den Krystallen befindliche Syrup durch das Decken abgeschieden. Dies geschieht, indem man die Pfropfen von der Spitze der Formen entfernt, und den Syrup mehrere Tage lang abfliessen lässt. Der abgeflossene Syrup heisst grüner oder ungedeckter Syrup. Das Decken, d. h. das Auswaschen des Zuckers geschieht, indem man auf die Oberfläche des Hutes ungefähr eine zollhohe Schicht von Thonbrei bringt, dessen Wasser mit etwas Zucker einen reinen Zuckersyrup bildet, welcher die Melasse verdrängt und nach unten treibt. Der Zuckersyrup bleibt zwischen den Krystallen und setzt beim Trocknen krystallinischen Zucker wieder ab. Das Decken

wird so oft wiederholt, bis zuletzt fast ungefärbter Syrup abfliesst. Um den etwa noch vorhandenen Syrup in dem Zucker gleichförmig zu vertheilen, werden die Formen einige Zeit lang auf die Basis aufgestellt. Anstatt des Thonbreies wendet man auch sogleich eine reine Zuckerlösung an. Ist aller Syrup aus dem Zucker — dem Brote — entfernt, so wird das Brot aus der Form gelöst und der Boden desselben rein geschabt. (Das Platiniren oder Plamotiren.) Das Trocknen der Brote geschieht in den Trockenstuben, anfänglich bei 25⁰, zuletzt bei 50⁰.

Clairciren. Durch die Kostspieligkeit des Deckens ist man veranlasst worden, das Decken zu umgehen und durch andere Methoden zu ersetzen. So durch das Clairciren, wobei man die concentrirte Zuckerlösung nicht in den Formen, sondern in Pfannen unter fleissigem Umrühren krystallisiren lässt und die krystallinische Masse in Kästen aus verzinktem Eisenblech bringt, deren Boden aus feinem Metallgewebe besteht, durch dessen Löcher der Syrup abtropft. Die zwischen den Zuckerkrystallen befindliche Melasse wird durch reine Zuckerlösung verdrängt und sodann der feuchte Zucker in die Formen gefüllt. — Zur Beschleunigung des Centrifugalapparat. Deckens und Abtropfens hat man neuerdings die Centrifugalmaschine oder kurz Centrifuge genannt, in die Zuckerfabrikation eingeführt, welcher Apparat dem bekannten Centrifugal-Trockenapparat (Hydroextracteur), der zum Trocknen der Baumwolle und Wolle in den Bleichereien und Färbereien dient, ähnlich ist. Fig. 118 zeigt die Maschine im vertikalen Durchschnitt durch die Axe. Die Trommel *A* ist von Messinggeflecht; der Boden ist nicht durchbrochen, und hat in der Mitte einen hohlen Kegel, der die Axe *a a* trägt. Die Axe wird durch das Getriebe *b*, das in die Schraube ohne Ende *c* eingreift, mitgetrieben. Sie macht 1000 bis 1500 Umdrehungen in der Minute. Auf dem Boden des äusseren Cylinders *B* befindet sich der Zapfen *d*, um welchen die Trommel *A* sich dreht. Das Rohr *e* dient zum Abfliessen des Syrups. Die erstarrte Zuckerlösung wird in die Trommel gefüllt. Vermöge der Centrifugalkraft verlässt die Melasse durch die Löcher des Metallgewebes die Zuckermasse, und lässt letztere im trocknen Zustande zurück. Man ist im Stande, durch diesen Apparat in 5—10 Minuten einen Centner trocknen Zuckers zu erhalten. Durch Befeuchten mit reinem Zuckersyrup lässt sich das Decken des Zuckers in der Centrifugalmaschine in der nämlichen Zeit bewerkstelligen.

Fig. 118.




Zuckersorten. Die feinen Zuckersorten entstehen durch sorgfältiges Wiederholen aller genannten Operationen. Hierbei ist zu bemerken, dass, während wir Salze, z. B. Salpeter, durch wiederholtes Umkrystallisiren voll-

kommen rein darstellen können, der Zucker durch gleiche Behandlung nur bis zu einem gewissen Grade gereinigt werden kann, da derselbe durch abermaliges Auflösen, namentlich unter Mitwirkung von Wärme, in nicht krystallisirbaren Zucker übergeht. Wenn der bis zum Krystallisationspunkte eingedampfte Saft, die Zuckermasse, durch Erkalten, sei es in Hutformen oder anderen Behältern, krystallisirt ist, wobei der Zucker die Gestalt kleiner körniger Krystalle annimmt, und sodann der noch flüssige Theil, der Syrup, abgelaufen ist, so wird der erhaltene Zucker als erstes Product bezeichnet. Der so gewonnene Syrup enthält aber noch eine bedeutende Menge krystallisirbaren Zuckers, welchen man durch Weiterabdampfen und Erkalten gewinnt und zweites Product nennt. Es ist schon weniger rein als das erste. Durch ähnliche Behandlung des von dem zweiten Product gewonnenen Syrups ist dann noch ein drittes, endlich noch ein viertes Product zu gewinnen. Den von diesem abgelaufenen Syrup noch weiter zu behandeln lohnt sich selten der Mühe, weshalb man ihn als Melasse verkauft oder auf Branntwein verarbeitet. Das zweite Product wird entweder als ein geringerer Rohzucker verkauft, oder durch Wiederauflösen, Abdampfen und Krystallisiren in ein dem ersten gleiches Product umgewandelt; ebenso wird durch Umarbeiten das dritte Product in zweites verwandelt u. s. f. Drittes und resp. viertes Product werden gewöhnlich Nebenproducte genannt. Die feinsten Zuckersorten sind Raffinade und Canarienzucker, darauf folgen Melis und zuletzt Lumpen-, Bastern- und Farinzucker. —

Kandiszucker. Um Kandiszucker darzustellen, wird die concentrirte Zuckerlösung in kupferne Gefässe gebracht, welche mit Zwirnfäden durchzogen sind, und in stark geheizten Stuben ungefähr 8 Tage lang stehen gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit ist die Krystallisation beendigt. Die hellere oder dunklere Farbe des Kandiszuckers ist von der Reinheit der angewendeten Zuckerlösung abhängig.

Raffination des Rohzuckers aus Zuckerrohr. Raffination des Rohzuckers aus Zuckerrohr. Der Rohzucker so wie uns denselben die Colonien liefern, enthält, ausser erdigen und sandigen Bestandtheilen, Melasse, färbende Substanzen, freie Säure u. s. w., weshalb derselbe in Europa einer besonderen Reinigung, der Raffination, unterworfen wird. Zu diesem Zwecke wird der Rohzucker in einem halben Theile Wasser gelöst und zu der Lösung Knochenkohle und ungefähr 1 pCt. Eiweiss aus Blut gesetzt. Ist der Zucker sehr unrein und zum Theil schon verdorben, so wendet man zur Lösung anstatt des Wassers Kalkmilch an. Das Eiweiss aus dem Blute wird dargestellt, indem man das Blut von Rindern und Hammeln, so wie es aus dem Thiere kommt, mit Ruthen schlägt, um den Faserstoff, das Fibrin, daraus abzuscheiden. Das zurückbleibende geschlagene Blut, zum grössten Theile aus Eiweiss bestehend, wird in geschwefelten Fässern aufbewahrt. Eier werden ihres hohen Preises wegen nur selten zum Raffiniren angewendet. Sechs Stück derselben (Eiweiss

Eigelb und Schalen) kommen in ihrer Wirkung ungefähr einem Liter geschlagenem Blute gleich. Die mit Eiweiss und Kohle versetzte Zuckerlösung wird entweder über freiem Feuer, oder besser noch in mit Dampf geheizten Pfannen bis zur Coagulation des Eiweisses erhitzt und dann durch das Taylor'sche Filter filtrirt. Die ablaufende Flüssigkeit ist farblos und zum grössten Theile von den fremden Substanzen befreit. Die Reinigung geschieht theils durch das Vermögen der Thierkohle, Farbstoffe und Salze in ihren Poren aufzunehmen, theils aber auch durch das Eiweiss auf rein mechanischem Wege. Wenn man Eiweiss oder Blut in der zuckerhaltigen Flüssigkeit durch Umrühren fein zertheilt, so ist es in derselben gleichsam aufgelöst enthalten. Erhitzt man die Flüssigkeit bis zum Sieden, so coagulirt das Eiweiss nach und nach und strebt auf der Oberfläche der Flüssigkeit sich zu vereinigen. Indem dies aber geschieht, werden, während des Coagulirens, alle fremdartigen Stoffe von dem Eiweiss umhüllt und der Flüssigkeit entzogen. Das Eiweiss bildet mit den Unreinigkeiten auf der Oberfläche der Flüssigkeit den Schaum; die Flüssigkeit selbst aber ist geklärt worden. Alle übrigen Operationen, wie das Eindampfen des Klärsels, das Füllen und Decken sind denen der Rübenzuckerfabrikation ganz gleich.

Theorie der Raffination.

Fernere Operation bei der Raffination.

Scoffren's Läuterungsmethode.

Auf einem ganz entgegengesetzten Principe beruht die von I. Scoffren vorgeschlagene und in Spanien und England eingeführte Läuterungsmethode des Rohzuckers. Nach diesem Verfahren wird der Rohzuckerlösung basisch essigsaures Bleioxyd zugesetzt und das überschüssige Blei nach der Filtration mit schwefliger Säure entfernt. Die freigewordene Essigsäure so wie die im Ueberschuss vorhandene schweflige Säure werden beim Verdunsten der Zuckerlösung entfernt. Dieses Verfahren soll nicht nur Ersparniss an Arbeit und Zeit gewähren, sondern auch die Raffination des unreinsten Rohzuckers möglich und die Anwendung der Thierkohle entbehrlich machen. Die Anwendung von Blei bei diesem Verfahren hat von vielen Seiten Besorgnisse wegen der Schädlichkeit durch etwaigen Bleigehalt des raffinirten Zuckers erweckt. Ist auch durch genaue Untersuchungen nachgewiesen, dass der Bleigehalt des auf diese Weise hergestellten Rohzuckers unter einer eigentlich gefährlichen Höhe bleibt, so ist es doch immer bedenklich, eine so giftige Substanz, wie Bleisalz zur Herstellung eines Nahrungsmittels anzuwenden. — In neuerer Zeit hat man anstatt des Bleisalzes die Anwendung von schwefelsaurem Zinnoxyd in Verbindung mit überschüssiger Kalkmilch zum Läutern des Rohzuckers empfohlen. Ueber die Anwendung des Baryts zu gleichem Zwecke vergl. S. 398.

Melasse.

Die bei der Raffination des Rohzuckers abfallende Melasse (holländischer oder hamburger Syrup) enthält den durch Umwandelung des Rohrzuckers entstandenen nicht krystallisirbaren Schleimzucker, so wie einen Theil unveränderten Rohrzucker (40 — 50 pCt.). Man wendet die Melasse in der Lebkuchenbäckerei und in der Bierbrauerei an.

Zur Destillation und Fabrikation von Rum und anderen alkoholischen Flüssigkeiten findet sie seltener Anwendung, als die Melasse des Rübenzuckers, welche von sehr untergeordneter Qualität, alle Zersetzungsproducte des Zuckers und besonders die Salze enthält. Den von der Destillation zurückbleibenden Rückstand verwendet man sehr zweckmässig zur Potaschefabrikation.

Krümelzucker. Der Krümelzucker, Stärkezucker, Traubenzucker oder die Glycose $C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$ *) kommt in der Natur häufiger als der Rohrzucker vor, was darin seinen Grund haben mag, dass die meisten Vegetabilien, in denen sich der Zucker findet, organische Säuren enthalten, welche wahrscheinlich die Umbildung des ursprünglich vorhandenen Rohrzuckers in Krümelzucker veranlasst haben. Er findet sich ferner im Honig, der zum grössten Theil aus Krümelzucker besteht. Da der Nectar der Blumen, welcher den Bienen zur Nahrung dient, Rohrzucker enthält, so ist die Umwandelung desselben in dem Körper der Bienen jedenfalls durch eine Säure, vielleicht durch Ameisensäure, die man häufig in den Insekten antrifft, bewirkt worden. Auf künstlichem Wege bildet sich der Krümelzucker, wenn man Stärke, Holzfaser, Rohrzucker, Milchzucker und Gummi mit verdünnter Schwefelsäure kocht, oder wenn man Stärkemehl mit Malz oder mit Diastase zusammenbringt. Betrachtet man die Zusammensetzung der Stärke, so findet man, dass dieselbe durch Aufnahme von zwei Aequivalenten Wasser in Krümelzucker übergeht, denn:

$$\underbrace{C_{12}\ H_{10}\ O_{10}}_{\text{Stärke.}} + 2\ HO = \underbrace{C_{12}\ H_{12}\ O_{12}}_{\text{Krümelzucker.}}$$

Der Rohrzucker hat die Zusammensetzung $C_{12}\ H_{11}\ O_{11}$ und ist daher als das Zwischenglied zwischen Stärke und Krümelzucker zu betrachten. Die Möglichkeit ist demnach gegeben, Rohrzucker aus der Stärke darzustellen, sobald es gelingen sollte, die Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure auf die Stärke zu hemmen. Der Krümelzucker erscheint in kleinen weissen Körnern mit zwei Aequivalenten Wasser verbunden ($C_{12}\ H_{12}\ O_{12} + 2\ HO$). Er löst sich in $1\frac{1}{2}$ Th. kaltem Wasser, in jedem Verhältniss aber in siedendem. Eine Lösung des Rohrzuckers ist aber um das Dreifache süsser als die des Krümelzuckers. Gelöschter Kalk verbindet sich bei 70—100$^0$ mit dem Krümelzucker und giebt eine braune Flüssigkeit; diese Reaction giebt uns ein Mittel an die Hand, die Gegenwart des Krümelzuckers mit dem Rohrzucker nachzuweissen. Man stellt den Krümelzucker im Grossen aus der Stärke durch Kochen derselben mit verdünnter Schwefelsäure dar. Zu diesem Behufe kocht man 100 Th. Stärke mit 400 Th. Wasser und 1—2 pCt.

Eigenschaften des Krümelzuckers.

Darstellung des Krümelzuckers.

*) Der nicht krystallisirbare Zucker, welcher neben dem Krümelzucker in den Trauben und im Honig sich findet, dem Krümelzucker gleich zusammengesetzt ist und bei der Gährung dieselben Producte liefert, heisst zum Unterschied von der Glycose Chylariose.

Schwefelsäure 36—40 Stunden lang. Wenn alle Stärke in Krümelzucker verwandelt worden ist, was man daran erkennt, dass eine herausgenommene Probe durch einen Zusatz von Alkohol sich nicht mehr trübt (Stärke und Dextrin), und durch eine Auflösung von Jod nicht mehr gebläut wird (Stärke), zieht man die Flüssigkeit mittelst eines Hebers in ein Fass, neutralisirt sie mit Kreide und dampft die von schwefelsaurem Kalk abfiltrirte Lösung in flachen Pfannen bis zu einem dicken Syrup ein. Dieser Syrup wird entweder roh oder durch Thierkohle entfärbt in den Handel gebracht, oder noch weiter abgedampft, um den Zucker in fester Gestalt zu erhalten. Nach 8—14 Tagen hat sich der Zucker ausgeschieden, der von der darüber stehenden Flüssigkeit getrennt und getrocknet wird.

Anwendung desselben.

Der Krümelzucker findet vorzüglich in Frankreich als Stärkesyrup vielfache Anwendung, namentlich benutzt man ihn zur Bierbrauerei, zum Gallisiren des Weines und zur Alkoholfabrikation. Auch bedient man sich seiner zuweilen zur Verfälschung geringer Rohrzuckersorten.

Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker. Optische Probe. Polarisationsapparat.

Häufig ist es wichtig zu erfahren, ob Rohrzucker mit Krümelzucker vermischt ist. Das Drehungsvermögen beider Zuckerarten giebt uns ein Mittel an die Hand, dieselben von einander zu unterscheiden. Zur Bestimmung des Drehungsvermögens dient der Polarisationsapparat. Bekanntlich giebt es Flüssigkeiten, welche auf geradlinig polarisirtes Licht dieselbe Einwirkung ausüben, wie eine senkrecht zur Axe geschnittene Bergkrystallplatte, und zwar drehen einige dieser Flüssigkeiten die Polarisationsebene nach links (Gummi, Terpentinöl), andere nach rechts (Rohrzucker, Krümelzucker, Dextrin). Nach der Grösse der Drehung, die eine Flüssigkeitsschicht von bestimmter Höhe an der Polarisationsebene hervorbringt, lässt sich der Gehalt der Flüssigkeit an diesen Stoffen beurtheilen. In Bezug auf ihr Drehungsvermögen findet man bei den wichtigsten Zuckerarten folgendes Verhältniss:

| | |
|---|---|
| Rohrzucker | $+ 42^0$ |
| Krümelzucker | $+ 33^0$ |
| Milchzucker | $+ 33^0$ |
| (Dextrin | $+ 86^0$). |

Trommer's Probe.

Das Verhalten des Rohr- und Krümelzuckers zu Kupfervitriol unter Zusatz von Kali dient ebenfalls, beide Körper von einander zu unterscheiden. Setzt man zu einer Kupfervitriollösung Kali, so scheidet sich grünlichblaues Kupferoxydhydrat ab ($SO_3$, CuO + KO, = CuO, HO + KO, $SO_3$), das sich beim Erwärmen in schwarzes Kupferoxyd verwandelt. Ist in der Lösung Rohrzucker vorhanden, so färbt sie sich auf Zusatz von Kali intensiv blau und lässt sich selbst kochen, ohne dass sich rothes Kupferoxydul $Cu_2$ O ausscheidet. Versetzt man aber eine Lösung von Krümelzucker und Kali so lange mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, bis das ausgeschiedene Kupferoxydhydrat aufgelöst worden ist, so findet schon bei gewöhnlicher Temperatur

sehr bald eine Ausscheidung von Kupferoxydul statt. Beim Erwärmen der Lösung scheidet sich sogleich Kupferoxydul ab. Diese Probe ist ausserordentlich empfindlich. Sie heisst nach ihrem Erfinder die Trommer'sche Probe.

Saccharimetrie. Saccharimetrie. Es ist von grosser Wichtigkeit, den Gehalt der Rohstoffe an krystallisirbarem Rohrzucker zu erfahren. Obgleich es bis jetzt noch keine Methode giebt, welche allen Anforderungen der Praxis entspräche, so giebt es doch eine grosse Anzahl von Methoden, welche ihren Zweck mehr oder minder vollkommen erfüllen.

Barreswil's Probe. Die erste saccharimetrische Probe ist die von Barreswil, welche in der That nichts als eine Anwendung der Trommer'schen Probe (vergl. oben) ist; sie wird auch von v. Fehling zu technischen Zwecken, zur Bestimmung des Zuckers in Rüben u. s. w. angewendet und ist hierzu auch sehr gut geeignet.

Die erforderliche alkalische Kupferoxydlösung stellt man dar, indem man eine Auflösung von 40 Gr. krystallisirtem schwefelsaurem Kupferoxyd in 160 Gr. Wasser mit einer Lösung von 160 Gr. neutralem weinsaurem Kali in wenig Wasser, und 6 — 700 Gr. Aetznatronlösung von 1,12 spec. Gewicht mischt. Die Mischung wird auf 1154,4 Kubikcentimeter bei 15° verdünnt. Ein Liter (= 1000 Gr.) dieser Lösung enthält 34,650 Gr. Kupfervitriol und braucht zur Reduction 5 Gr. wasserfreien Krümelzucker ($C_{12}$ $H_{12}$ $O_{12}$). 10 Kubikcentimeter der Lösung entsprechen also 0,050 Gr. getrocknetem Krümelzucker. Bei der Untersuchung einer zuckerhaltigen Flüssigkeit verdünnt man dieselbe so, dass sie höchstens 1 pCt. Zucker enthält. Auf der anderen Seite verdünnt man 10 Kubikcentimeter der Kupferlösung mit 40 Kubikcentimetern Wasser, erhitzt die Flüssigkeit bis zum Sieden und setzt so lange Zuckerlösung zu, bis alles Kupfer reducirt ist. Je näher man diesem Punkte kommt, desto reichlicher und röther ist der Niederschlag und desto schneller setzt er sich ab. Eine Probe der abfiltrirten Flüssigkeit darf auf einem mit Blutlaugensalz getränkten und nachher getrockneten Papier keinen rothen Fleck hervorbringen. Um Rohrzucker auf diese Weise zu bestimmen, wird derselbe durch mehrstündiges Erhitzen mit Schwefelsäure oder Weinsäure in Krümelzucker verwandelt.

Péligot's Probe. Die Zuckerprobe von Péligot gründet sich auf die Eigenschaft des Rohrzuckers, eine bestimmte Verbindung mit Kalk einzugehen. Man digerirt die Zuckerlösung mit überschüssigem Kalk, filtrirt die Zuckerkalklösung ab und bestimmt die Menge Schwefelsäure, die erforderlich ist, um ein bestimmtes Volumen der mit Lakmus bläulich gefärbten Lösung zu neutralisiren. Aus der Menge der Säure berechnet man die Menge des Kalkes, aus der letzteren die Menge des Zuckers. Dieses Verfahren setzt eine constante Zusammensetzung des Zuckerkalkes voraus, was durch den Versuch keineswegs bewiesen ist.

Die Gährungsmethode. Die Gährungsmethode wird in der neueren Zeit

höchstens noch zur Bestimmung des Zuckergehaltes der Rüben angewendet; der Zucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) zerfällt bekanntlich bei der geistigen Gährung in Alkohol und Kohlensäure ($C_{12} H_{12} O_{12} = 2 C_4 H_6 O_2 + 4 CO_2$). Indem man die Gährung in einem geeigneten Apparate vornimmt und die Menge der Kohlensäure bestimmt, erfährt man die Quantität des vorhandenen Zuckers. Die Kohlensäure bestimmt man entweder durch die Gewichtszunahme eines mit Kalilauge gefüllten Gefässes oder in Form von kohlensaurem Baryt, indem man die Kohlensäure durch eine ammoniakalische Lösung von Chlorbaryum strömen lässt. Nach Gall berechnet man den Zuckergehalt der Rüben aus dem bei der Gährung des Saftes, in Folge des Entweichens der Kohlensäure eintretenden Gewichtsverluste. Wenn man zu dem Versuche 20 Loth Rübensaft anwendet, so entspricht $^1/_{10}$ Loth Gewichtsverlust 1 pCt. Zucker. Ein genaues Resultat kann die Gährungsprobe nicht liefern, da, wie neue Untersuchungen gezeigt haben, der Zucker bei der geistigen Gährung neben Kohlensäure und Alkohol noch andere Körper (wie Propyl- und Butylalkohol, Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w.) unter noch nicht festgestellten Bedingungen liefert.

Optische Probe. Die Drehung der Polarisationsebene (Seite 408) ist in der neueren Zeit vielfach benutzt worden, um den Gehalt an krystallisirbarem Zucker im Saft des Zuckerrohrs, der Rüben, im Syrup und in der Melasse zu bestimmen, da das Rotationsvermögen einer Zuckerlösung mit ihrer Concentration zunimmt.

Geht ein Lichtstrahl unter gewissen Bedingungen durch eine Quarzplatte des Polarisationsapparates, so wird der Strahl unter eigenthümlichen Farbenerscheinungen polarisirt; bringt man eine Säule von Zuckerlösung dazwischen, so zeigt diese einen gewissen Einfluss auf die Färbung, der um so grösser ist, je mehr sie Zucker enthält. Die Grösse dieses Einflusses wird nun gemessen durch die Dicke, welche man der Quarzplatte geben muss, um ihn zu compensiren. Die Zuckerlösungen werden bei diesen Proben mit einer Normallösung verglichen. Man benutzt als saccharimetrischen Polarisationsapparat den von Soleil und Clerget, so wie den von Mitscherlich. Durch genaue Versuche ist festgestellt, dass 15 Gr. Zucker in so viel Wasser gelöst, dass von der Auflösung 50 Kubikcentimeter angefüllt werden, die Polarisationsebene um 40° drehen, bei einer Länge des Rohres von 2000 Millimeter. Vermittelst dieser Normallösung kann man nun leicht den Zuckergehalt einer Flüssigkeit bestimmen. Angenommen: eine Zuckerlösung mache in dem Mitscherlich'schen Apparate eine Drehung des Zeigers bis auf 30° nothwendig, so ist:

$$40 : 30 = 15 : x$$

$$x = \frac{30 \cdot 15}{40} = 11{,}25$$

d. h. bei einer Drehung von $30^0$ in dem Raume von 50 Kubikcentimetern sind 11,25 Gramm Zucker gelöst; aus dem spec. Gewicht der Auflösung lässt sich leicht der pCt.-Gehalt der Flüssigkeit an Zucker in Gewicht angeben. Hätten z. B. die mit obiger Zuckerlösung angefüllten 50 Kubikcentimeter 54,60 Gramm gewogen, so würde das spec. Gewicht der Lösung sein:

$$\frac{54{,}60 \,.\, 2}{100} = 1{,}092$$

In 54,60 Gramm der Zuckerlösung sind also enthalten 11,25 Gramm Zucker, mithin in 109,2 Gramm der Lösung 22,50 Gramm. In 100 Theilen der Flüssigkeit sind also gelöst 20,6 Theil reiner, trockner Zucker, denn:

$$109{,}2 : 100 = 22{,}5 : x$$
$$x = 20{,}6.$$

Um die Runkelrüben auf ihren Gehalt an Zucker zu untersuchen, wird die abgeputzte Rübe zerrieben und der erhaltene Brei ausgepresst. Mit diesem Safte füllt man 50 Kubikcentimeter an, setzt dazu 10 Kubikcentimeter Bleiessig, mischt beide Flüssigkeiten und filtrirt. Das klare Filtrat dient zur Bestimmung des Zuckergehaltes. Da aus 50 Kubikcentimetern Rübensaft durch Zusatz des Bleiessigs 60 Kubikcentimeter gemacht worden sind, so muss auch der Drehungswinkel um $^1/_5$ vergrössert werden. Hat nun der auf diese Weise geklärte Rübensaft eine Drehung zu $15^0$ gegeben, so würde dem Rübensafte für sich eine Drehung von $18^0$ entsprechen, denn:

$$50 : 60 = 15 : x$$
$$x = 18.$$

Der Rübensaft wird hiernach, da 15 Gramm Zucker, in so viel Wasser gelöst, dass von der Auflösung 50 Kubikcentimeter angefüllt sind, $40^0$ Drehung geben, in 50 Kubikcentimetern 6,75 Grammen Zucker entsprechen:

$$40^0 : 18^0 = 15 : x$$
$$x = 6{,}65$$

in 100 Kubikcentimetern also 13,5 Grm. Das spec. Gewicht einer solchen Zuckerlösung würde nach den von Mitscherlich berechneten Tabellen sein: 1,0528; 100 Kubikcentimeter der Lösung würden 105,28 Grm. wiegen. Demnach sind in 100 Gewichtstheilen Rübensaft enthalten 12,8 Gewichtstheile Zucker:

$$105{,}28 : 100 = 13{,}5\ x$$
$$x = 12{,}8.$$

Um zu erfahren, wie viel gewinnbarer Zucker in den Rüben enthalten ist, nimmt man an, dass durchschnittlich 80 pCt. Saft vom Gewicht der Rüben erhalten werden.

Payen's Probe. Payen's Probe ist nur für Rohrzucker anwendbar. Zu ihrer Ausführung bringt man 10 Gr. des gröblich gepulverten Zuckers in eine Röhre und giesst darauf 10 Kubikcentimeter absoluten Alkohol, um dem Zucker alles Wasser zu entziehen. Darauf giesst man den Alkohol ab, und digerirt den Zucker mit ungefähr 50 Kubikcentimetern Probelösung, die man durch Auflösen von 50 Grm. weissem, getrocknetem Zucker in einem Liter Alkohol von 85 pCt., zu welchem man 50 Kubikcentimeter Essigsäure gesetzt hat, erhält. Diese Flüssigkeit löst den nicht krystallisirbaren Zucker, die Melasse auf, zersetzt den Zuckerkalk, greift aber den krystallisirbaren Zucker nicht an, weil sie gesättigt ist. Der so behandelte zu untersuchende Zucker wird auf einem Filter gesammelt, mit Alkohol gewaschen und getrocknet, der Gewichtsverlust giebt die Menge des Wassers und der fremden Substanzen in dem Rohrzucker.

Mannit. Der Mannit $C_6 H_7 O_6$ oder Mannazucker macht einen Bestandtheil der Manna aus, findet sich aber ausserdem in mehreren anderen Pflanzensubstanzen, wie z. B. in den Mohrrüben, dem Sellerie, vielen Schwämmen, Algen, in dem Honigthau, und bildet sich bei der Milchsäuregährung neben Milchsäure in grosser Menge. Man stellt den Mannit am besten aus der Manna dar, indem man nach Ruspini dieselbe in $^1/_2$ Th. destillirtem Wasser löst, mit Eiweiss klärt und die Lösung noch siedend heiss durch einen wollenen Spitzbeutel filtrirt. Der beim Erkalten sich ausscheidende Brei wird in der 6—7fachen Menge siedenden Wassers gelöst, die Lösung mit Thierkohle behandelt, heiss filtrirt und zum Krystallisiren abgedampft. Der Mannit erscheint in weissen Prismen oder Nadeln, von schwach süssem Geschmack, die sich leicht in Wasser und heissem Alkohol, schwer in kaltem lösen. Der reine Mannit

Knallmannit. hat bis jetzt noch nicht irgend eine technische Anwendung gefunden. Wohl aber verspricht der Nitromannit, Knallmannit oder explosive Mannit

$$C_6 \left\{ \begin{matrix} H_4 \\ 3\ NO_4 \end{matrix} \right\} O_6$$

technischen Nutzen. Dieser interessante Körper wird dargestellt, indem man 1 Th. Mannit in 4 Th. rauchender Salpetersäure löst und zu der Lösung abgekühlte englische Schwefelsäure setzt. Wenn Flocken beginnen sich auszuscheiden, giesst man das Gemisch in eine grosse Menge Wasser. Nach 12 Stunden hat sich der Nitromannit zu Flocken zusammengesetzt, die sich leicht filtriren und auswaschen lassen. Nach dem Trocknen wird der Nitromannit in siedendem Alkohol gelöst und aus der Lösung krystallisiren gelassen. Er bildet auf diese Weise dargestellt farblose, seidenglänzende Prismen, die in einander verfilzt eine ziemlich

voluminöse Masse ausmachen. Der Nitromannit explodirt beim Erhitzen und Schlagen stärker noch als das Knallquecksilber, vor welchem er den Vorzug hat, dass er ohne Gefahr dargestellt werden kann und beim Reiben sich nicht entzündet. Man hat ihn zur Füllung der Zündhütchen empfohlen.

## Von der Gährung.

Von der Gährung im Allgemeinen.

Ein in Zersetzung begriffener oder faulender organischer Körper so wie eine gewisse, auf der niedrigsten Stufe der Organisation stehende Pflanze, der Hefenpilz, können durch unmittelbare Berührung die Zersetzung einer anderen organischen Verbindung veranlassen, ohne dass die Elemente der einen Verbindung an die andere etwas abgeben oder derselben etwas entziehen. Diese Zersetzung einer organischen Verbindung nennt man Gährung. Die Zersetzung des gährungsfähigen organischen Körpers besteht entweder darin, dass derselbe sich in zwei oder mehrere Verbindungen spaltet, wie der Zucker in Alkohol und Kohlensäure, dass derselbe nur eine Andersgruppirung der Atome erleidet, oder nur Wasser aufnimmt oder ausscheidet, wie bei dem Uebergange des Milchzuckers in Milchsäure, oder dass endlich der Sauerstoff der Atmosphäre sich mit den Elementen des organischen Körpers, entweder zu neuen organischen Körpern (Essigsäure), oder zu einfachen, unorganischen, zu Kohlensäure, Kohlenwasserstoff u. s. w. verbindet. Letztere Art der Zersetzung nennt man Verwesung. Geht sie vor sich unter Mitwirkung von Wasser und betrifft sie vorzugsweise Substanzen, bei deren Zersetzung sich übelriechende Gase entwickeln, so nennt man sie Fäulniss. Derjenige Körper, der die Gährung hervorzurufen im Stande ist, heisst das Ferment, bei der geistigen Gährung die Hefe. Das Ferment ist entweder ein organisirtes Wesen wie die Hefe, oder ein eiweissartiger Körper, eine sogenannte Proteinsubstanz, welche in Zersetzung begriffen ist. Die hier in Betracht kommenden Arten der Gährung sind:

1) Die geistige oder Alkoholgährung, auf welche sich die Weinbereitung, die Bierbrauerei, die Branntweinbrennerei und die Bäckerei gründen;
2) die saure oder richtiger die Essigsäuregährung;
3) die Fäulniss, insofern uns die Chemie Mittel darbietet, dieselbe aufzuhalten und zu verhindern.

### Die Alkoholgährung.

Geistige Gährung, Bedingungen derselben und Allgemeines.

Die geistige oder Alkoholgährung bewirkt das Zerfallen des Krümelzuckers in Alkohol und Kohlensäure:

$$\underbrace{C_{12}\,H_{12}\,O_{12}}_{\text{Krümelzucker.}} = \underbrace{2\,C_4\,H_6\,O_2}_{\text{Alkohol.}} + \underbrace{4\,CO_2}_{\text{Kohlensäure.}}$$

Die vorstehende Gleichung drückt indessen nur die Hauptproducte des Zerfallens des Zuckers aus; neben dem gewöhnlichen Alkohol bilden

sich nämlich häufig andere homologe Alkohole (Propylalkohol, Butylalkohol Amylalkohol), ferner treten als constante Producte der geistigen Gährung auch stets Bernsteinsäure (auch Milchsäure) und Glycerin auf. Nach Pasteur beträgt die Quantität Bernsteinsäure bei der Gährung wenigstens $^1/_2$ pCt. vom Gewicht des gegohrnen Zuckers.

Unter den Zuckerarten können nur der Krümelzucker und eine andere nicht krystallisirbare Zuckerart, der Fruchtzucker, die geistige Gährung erleiden. Jede andere Zuckerart muss erst in eine dieser beiden Zuckerarten übergehen, ehe sie der geistigen Gährung fähig ist. Bedingungen zur Weingährung sind: 1) eine Lösung von 1 Th. Zucker in 4—10 Th. Wasser, 2) Gegenwart von Hefe, 3) eine Temperatur von 12—15°. Ist keine Hefe vorhanden, so treten zu den Bedingungen Proteinsubstanz und atmosphärische Luft, insofern letztere zum Einleiten der Gährung erforderlich ist. Der Theorie nach geben 100 Th. trockner Krümelzucker 51,2 Th. Alkohol und 48,8 Th. Kohlensäure.

Theorie der Gewerbe, die sich auf die geistige Gährung gründen.

Weinbereitung, Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Bäckerei sind vier Gewerbe, die sich auf die geistige Gährung gründen. Während man aber bei der Branntweinbrennerei beabsichtigt, die ganze Menge des vorhandenen Zuckers in Alkohol und Kohlensäure zu zersetzen, sucht man in der Weinbereitung und in der Bierbrauerei nur die Zersetzung des grössten Theils des Zuckers. Bei allen diesen Gewerben kommt nur der Alkohol in Betracht, während die zu gleicher Zeit gebildete Kohlensäure nur in einzelnen Fällen, wie bei der Fabrikation schäumender Biere und moussirender Weine Anwendung findet. Bei der Bäckerei umgekehrt sucht man nur einen kleinen Theil Zucker in Gährung zu versetzen und der hierbei erzeugte Alkohol bleibt unberücksichtigt, während die Kohlensäure, indem sie bei ihrem Entweichen den Brotteig auflockert, allein in Betracht kommt.

Natur der Hefe.

Die Hefe, die zum Zerfallen des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure unumgänglich nothwendig ist, ist nicht ein Absatz, ein Abschaum, eine Unreinigkeit, als welche man sie häufig zu bezeichnen pflegt. Sie ist ein organisirtes Wesen, eine Pflanze auf der niedrigsten Stufe der Organisation, deren Entstehung man sich auf folgende Weise zu erklären sucht: In der atmosphärischen Luft befinden sich Keime mikroskopischer Pflanzen und Thiere, die, wenn sie auf geeigneten Boden fallen, sich entwickeln und die niederen Gewächse und Infusorien erzeugen. Auch die Keime zur Hefe befinden sich in der Luft; kommt daher dieselbe mit Zuckerlösung und Proteinsubstanz zusammen, so entwickeln sich die Keime zu Hefe. Mikroskopische Untersuchungen haben gezeigt, dass dieselbe aus Zellen besteht, die bei der Oberhefe und bei der Unterhefe verschiedener Natur sind.

Oberhefe.

Die Oberhefe besteht aus ovalen Zellen, von ziemlich gleicher Grösse von höchstens 0,01 Millimeter Durchmesser, die theils einzeln, theils mit andern Zellen verbunden in der Flüssigkeit herum-

schwimmen. Die Oberhefe erscheint als ein mit einer Hülle versehener Körper, in dessen Mitte sich ein dunkler Kern befindet, der aus einem oder mehreren Stücken besteht. Die Fortpflanzung geschieht durch Ausdehnung der Zellenhülle. Als ich eine einzelne Hefenzelle mit etwas Bierwürze gemischt unter das Mikroskop brachte, fand ich schon nach mehreren Stunden, dass der Kern im Innern der Zelle sich in mehrere Theile theilte, und dass die Theile an verschiedenen Stellen sich dem Zellenrande näherten. Nach Verlauf von 5 Stunden waren aus der Mutterzelle zwei neue Zellen entstanden und nach 20 Stunden hatten sich noch neun Zellen dazu gesellt. Mitscherlich beobachtete, dass eine Zelle innerhalb 3 Tagen gegen 30 neue Zellen erzeugt hatte. Umstehende Abbildung (Fig. 118) zeigt uns das Ansehen dieser Hefe zu verschiedenen Zeiten ihrer Fortpflanzung. Die in den Zellen befindlichen Zahlen deuten an, welcher Generation die Zelle angehört. Bei jedem neuen Buchstaben ist eine Generation mehr zu bemerken.

Fig. 118.




Unterhefe. Die Unterhefe besteht wohl auch aus Zellen, von denen einige ihrer Grösse nach den Oberhefenzellen ähneln, sie sind aber nicht zusammenhängend wie jene. Die meisten der Unterhefenzellen sind bei weitem kleiner und von den verschiedensten Dimensionen. In dem Inneren der grösseren Zellen bemerkt man deutlich kleine Zellchen, die sich, nach dem Ansehen zu urtheilen, wie die grosse Zelle verhalten. Man zählt deren drei, vier und mehrere, oder es sind dieselben in solcher Zahl vorhanden, dass sie durch ihre Menge zu einer nebelartigen Masse verschwimmen. In Bezug auf die Fortpflanzung derselben ist zu erwähnen, dass diese Art der Hefe sich wie viele Kryptogamen durch Sporen vermehrt. Die in der Mitte der Mutterzelle befindlichen kleinen Zellen schlüpfen durch Platzen der Zellenhülle aus. Aus einer grossen Zelle sah ich mindestens 30—40 kleine Zellchen sich entwickeln*). Oberhefe bei 7$^0$ mit Bierwürze zusammengebracht, geht zum grössten Theil in Unterhefe über, während Unterhefe bei 20$^0$ nicht in Oberhefe übergeht.

Verlauf der Gährung. Wenn alle Bedingungen zur geistigen Gährung gegeben sind, so trübt sich die Flüssigkeit. Von den Hefentheilchen steigen Kohlensäurebläschen auf und die Temperatur der Flüssigkeit steigert sich, bis

*) Ausführlichere Angaben über die Natur der Hefe finden sich in Mitscherlich's Lehrb. d. Chem. I. p 370 und in meiner Abhandlung über denselben Gegenstand: Journ. für praktische Chemie XLV. p. 241.

nach Verlauf von 2 Tagen bis zu mehreren Wochen die Gährung beendigt ist. Die Hefe ist das primum movens der geistigen Gährung, und ihre Gegenwart kein secundäres Phänomen, wie vielfach behauptet worden ist. Zur Zersetzung von 100 Th. Zucker sind $2^1/_2$ — 3 Th. Hefe erforderlich. Eben so wie ein Thier ohne Nahrung nicht leben kann, eben so bedarf die Hefe zu ihrer Vegetation gewisser Substanzen, die sich nicht überall finden. Bringen wir Hefe in destillirtes Wasser, so stirbt die Hefe; dasselbe geschieht, wenn wir Hefe mit einer reinen Zuckerlösung zusammenbringen, denn Wasser und Zucker enthalten keine Bestandtheile, die zum Leben der Hefe dienen können. Wenn wir Hefe analysiren, so finden wir dieselbe zum grössten Theile aus einer stickstoffhaltigen Substanz bestehen, die in ihrer Zusammensetzung der des Klebers und des Eiweisses nahe kommt. Damit also Hefe wachse, müssen wir sie in eine Flüssigkeit bringen, die derartige Substanzen enthält; eine solche Flüssigkeit ist die Bierwürze oder der Most. Indem sich aber die Hefe auf Kosten jener stickstoffhaltigen Substanzen vermehrt, zersetzt sie auch den Zucker in Alkohol, Kohlensäure und andere Körper (wie Bernsteinsäure, Glycerin u. s. w.) ohne jedoch etwas von diesen Körpern in sich aufzunehmen. Ungeachtet vielfältiger Hypothesen ist das Wesen der Gährung und die Rolle der Hefe bei derselben noch unergründet.

## Die Weinbereitung.

Weinbereitung. Mit dem Namen Wein bezeichnet man im engern Sinne den ausgepressten und gegohrenen Saft der Weintrauben. In der allgemeineren Bedeutung des Wortes versteht man darunter jede zuckerhaltige Flüssigkeit, welche die geistige Gährung überstanden hat. Besonders aber nennt man ausser dem gegohrenen Traubensafte solche Flüssigkeiten Wein, welche durch Gährung des Saftes süsser Früchte entstanden sind. Da in diesem Safte ausser dem Krümelzucker stets noch eiweissartige Körper gelöst sind, so geht derselbe an der Luft ohne Zusatz eines Ferments in die geistige Gährung über. Wir betrachten zuerst den Wein aus Weintrauben, der je nach den verschiedenen Ländern bezüglich des Geschmacks, der Farbe, des Grunds u. s. w. die grössten Verschiedenheiten zeigt. Diese Verschiedenheiten sind von den Varietäten des Weinstockes, von der Lage der Weinberge, dem Klären, von der Behandlungsweise der Trauben beim Lesen und der Darstellungsweise des Weines abhängig. Man unterscheidet gewöhnlich weisse und rothe Weine. Zu den ersteren rechnet man auch alle Sorten von gelber und gelbbrauner Farbe. Die Bereitung des Mostes zerfällt in zwei Operationen, nämlich in das Zerquetschen der Weintrauben und das Auspressen der zerquetschten Masse, in das Keltern. Es versteht sich von selbst, dass die Trauben völlig reif sein müssen, ehe man dieselben pflückt und Most daraus bereitet. Das Zerquetschen der Trauben geht entweder in der Tretbütte, vermittelst blosser

Wein aus Weintrauben.

Bereitung des Mostes.

Füsse, oder besser in Stampfmühlen und Weinmühlen vor sich. Aus der zerquetschten Masse fliesst ein grosser Theil des Saftes oder Mostes freiwillig ab, der zurückbleibende Theil wird durch die Kelter herausgeschafft. Die Keltern sind gewöhnlich Schraubenpressen, d. h. einfache Pressen mit einer hölzernen Schraube.

Most. Der ausgepresste Traubensaft oder Most enthält alle in den Weintrauben enthaltenen löslichen Theile und ist durch darin suspendirte Pflanzentheile trübe. Die hauptsächlichsten Bestandtheile sind: Traubenzucker (Glycose und Chylariose, im Ganzen 12—30 pCt.), Pektin, einige Farb- und Riechstoffe, etwas Fettsubstanz, einige eiweissartige Körper, organische Säuren, besonders Weinsäure und Aepfelsäure, und mineralische Bestandtheile, unter denen Kali vorzugsweise zu erwähnen ist. In dem Safte guter Trauben ist das Verhältniss der Säure und des Zuckers zum Wasser wie 1 : 40 : 97. Häufig setzt man zu schwachem Moste eine Auflösung von Stärkezucker, um den durch die Gährung entstehenden Wein alkoholreicher zu machen. Das Verfahren, den Most durch Zuckerzusatz aufzubessern, das Chaptalisiren oder Gallisiren ist von dem französischen Chemiker Chaptal schon vor 40 Jahren mit Erfolg versucht und empfohlen worden. Enthält der Most nebst zu geringen Mengen Zucker auch zu viel freie Säure, so verringert man häufig nach Gall's Vorschlag den zu grossen Säuregehalt, indem man die Flüssigkeit vermehrt, wodurch die Säuremenge auf eine grössere Masse sich vertheilt und dadurch relativ kleiner wird; der Alkoholgehalt der verdünnten Flüssigkeit wird durch Zusatz von Stärkezucker aufgebessert. Bezweckt das Verfahren von Chaptal nur die Bereicherung des Weines an Alkohol, so ist dagegen die Methode von Gall (das sogenannte Gallisiren) eine Erzeugung von künstlichem Wein, der, weil ihm gewisse, den Geruch und Geschmack des ächten Weines bedingende Bestandtheile, die sich nur bei vollkommener Reife der Trauben bilden können, fehlen, niemals mit nicht gallisirten Weine verglichen werden kann. Ein Gleiches gilt von dem petiotisirtem Wein (nach dem Erfinder Petiot so genannt) welchen man erhält, indem man die Pressrückstände, von welchen der Most getrennt worden ist, mit Zuckerwasser gähren lässt.

Gährung des Saftes. Der Most wird sogleich nach dem Auspressen in grosse Fässer gebracht, welche aber nicht vollständig angefüllt werden. Eine Temperatur von 15 — 20$^0$ ist zur Gährung am günstigsten. Dadurch, dass man plötzlichen Temperaturwechsel vermeidet, kann man den Verlauf der Gährung reguliren. Bei der Bereitung von Weinen, die zur Destillation bestimmt sind, wendet man häufig gemauerte Behälter an. Die Gährung tritt sehr bald ein und es bildet sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine schaumige Decke, in der sich wegen ihrer grossen Oberfläche, stets Essigsäure erzeugt, die auf die Haltbarkeit der Weine von dem nach-

theiligsten Einflusse ist. Um die Essigsäurebildung zu verhüten, verschliesst man die ausserdem gewöhnlich offen bleibenden Bottiche luftdicht und leitet die bei der Gährung sich entwickelnde Kohlensäure durch ein aufgesetztes Rohr ab, dessen Mündung unter Wasser befindlich ist. Die Gährung dauert bei den gewöhnlichen Weinen 3 — 8 Tage lang. Von den während derselben zu Boden gefallenen Stoffen muss die helle Flüssigkeit getrennt werden, da sonst durch die zu grosse Menge des Ferments die Essigsäurebildung eintreten würde. Man zieht den jungen Wein (Jungwein) auf kleinere Fässer ab, lagert dieselben mit locker aufgesetztem Spunde im Keller und lässt den Wein nachgähren. Die Nachgährung oder stille Gährung währt nach Umständen längere oder kürzere Zeit, zuweilen einige Monate. Dabei wird noch ein kleiner Theil des Zuckers zersetzt, zugleich mit der Erhöhung des Alkoholgehaltes noch etwas Unterhefe am Boden ausgeschieden. Ausserdem setzt sich jetzt der Weinstein in dünnen Rinden am Boden und an den Seitenwänden der Lagerfässer mit etwas Hefe ab. Diesen Hefensatz nennt man das Weinlager (Weingeläge). Der nachgegohrene Wein wird sodann in Lagerfässer gezapft (abgestochen). Durch das Lagern nimmt der Wein an Qualität zu, weil durch die immer vorhandene Nachgährung sich der Alkoholgehalt erhöht, weil sich der Weinstein, der dem Weine einen säuerlichen Geschmack ertheilt, nach und nach abscheidet und der Wein sich klärt, endlich weil erst während des Lagerns die Blume des Weines sich ausbildet.

Nachgährung.

Lagern des Weines.

Rothe Weine.

Die rothen Weine verdanken ihre Farbe der Schale der Trauben. Damit sich der Farbstoff*) auflöst, lässt man den Traubensaft mit den blauen Hülsen und Kämmen gähren und presst ihn erst nach der Gährung aus. Ausser dem Farbstoffe nimmt der Wein aus den blauen Schalen auch Gerbsäure in reichlicher Menge auf, welcher der rothe Wein seinen zusammenziehenden Geschmack verdankt. Blaue Trauben geben weissen Wein, wenn der Saft von den Hülsen getrennt, der Gährung unterworfen wird. Zum künstlichen Färben der Weine wendet man auch verschiedene Farbstoffe an, z. B. rothe Beeren und Lakmus zum Färben des Champagners, Heidelbeeren, Klatschrosen, Hollunderbeeren, Saft von rothen Rüben zur Erhöhung der Farbe der rothen Weine.

Klären des Weines.

Die Klärung des Weines erfolgt auf den Lagerfässern nur ausserordentlich langsam. Um dieselbe zu beschleunigen, versetzt man den Wein mit Hausenblase, Eiweiss oder Leim, welche Substanzen sich mit den trüben Beimengungen zu Boden setzen. Bei rothen

*) Nach Batillot sind in den rothen Weinen zwei Farbstoffe, der Rosit und der Purprit. Der Rosit ist rosenfarbig und vorwiegend in dem Bodensatz der Fässer nach dem ersten Abstechen enthalten. Der Bodensatz alter Weine besteht fast ganz aus Purprit; letzterer ist von schwärzlich dunkelrother Farbe und herbem Geschmack. Nach Maumené ist nur ein Farbstoff vorhanden, das Oenocyanin.

Weinen wendet man zum Klären oder Schönen hauptsächlich Eiweiss oder Blut an; diese Körper verbinden sich mit einem Theile der in dem Weine enthaltenen Gerbsäure zu einem unlöslichen, flockigen Körper, der die trüben suspendirten Substanzen einhüllt und aus der Flüssigkeit entfernt. Bei weissen Weinen, die keine hinlängliche Menge Gerbsäure enthalten, benutzt man Hausenblase zum Klären. Die Details dieser Art des Klärens werden bei der Fabrikation des Bieres folgen.

Chemische Beschaffenheit des Weines.

Der Wein enthält fast alle Bestandtheile des Mostes und Producte seiner theilweissen Zersetzung. Seine Bestandtheile sind theils flüchtig, theils nicht flüchtig. Die mittlere Zusammensetzung des Weines ist folgende:

| | In 1000 Theilen |
|---|---|
| Wasser | 900 bis 891 |
| Alkohol (gewöhnlicher) G | 80 „ 79 |
| homologe Alkohole (Propyl- und Butylalkohol) G | |
| Aether (Essigäther, Oenanthäther) G | |
| ätherische Oele | |
| Traubenzucker (Glycose und Chylariose) | |
| Glycerin G | |
| Gummi | |
| Pektin | |
| Farbstoff und Fettsubstanz | |
| Proteinkörper | 20 . 30 |
| Kohlensäure G | |
| Weinsäure und Traubensäure | |
| Aepfelsäure | |
| Gerbsäure | |
| Essigsäure G | |
| Milchsäure G | |
| Bernsteinsäure G | |
| Unorganische Salze | |

Die mit G bezeichneten Stoffe sind erst während der Gährung entstanden.

Der Alkoholgehalt der Weinsorten ist ausserordentlich verschieden. Um denselben genau zu finden, destillirt man von 250 Gr. Wein 50—70 Gr. langsam ab und berechnet aus dem spec. Gewicht des Destillats den Alkoholgehalt. In neuerer Zeit wendet man zur Bestimmung des Alkoholgehaltes häufig das Vaporimeter von Geissler an, bei welchem die Tension der Dämpfe durch eine Quecksilbersäule gemessen wird. Die Tension der Alkoholdämpfe ist gleich der einer Atmosphäre bei 78,3°, die der Wasserdämpfe bekanntlich bei 100°. Es lässt sich somit der Alkoholgehalt einer Flüssigkeit ermitteln, wenn man die Höhe einer Quecksilbersäule misst, welche durch Dämpfe von einer genau bestimmten Temperatur in die Höhe gehoben wird. Folgende ältere Tabelle zeigt uns den Alkoholgehalt einiger Weinsorten in Gewichtsprocenten ausgedrückt:

Alkoholgehalt.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Portwein . . . . | 16,20 | Steinberger . . | 10,07 |
| Xeres . . . . | 15,37 | Markebrunner . | 11,14 |
| Madeira . . | 14,09—16,90 | Eisler . . . . | 11,9 |
| Malaga . . | 9,9—12,76 | Scharlachberger . | 12,1 |
| Lunel . . . . | 13,7 | Postmeister Werle | 8,22 |
| St. Estèphe . . . | 9,7 | Rothberger . . | 10,44 |
| Champagner (Mousseux) | 4,1 | Heckler . . . | 9,97 |
| Champagner (nicht mouss.) | 4,7 | Auerbacher Rott | 10,66 |

Diez fand bei einer im Jahre 1854 ausgeführten Weinuntersuchung den Alkoholgehalt:

| | Volumen pCt. | Gewicht pCt. |
|---|---|---|
| 1822 Markebrunner | 12,2 | 9,86 |
| 1842 Geissenheimer | 12,2 | 9,86 |
| 1834 Rauenthaler | 12,1 | 9,78 |
| 1848 Deidesheimer | 12,1 | 9,78 |
| 1849 Dürkheimer | 12,0 | 9,70 |
| 1849 Gimmeldinger | 12,0 | 9,62 |
| 1834 Forster | 11,9 | 9,62 |
| 1844 „ | 11,9 | 9,62 |
| 1834 Hattenheimer | 11,9 | |
| 1853 Deidesheimer (Traminer) | 11,8 | 9,14 |
| 1846 Oberingelheimer | 11,6 | 9,38 |
| 1846 Steinberger | 11,6 | 9,38 |
| 1846 Rüdesheimer | 11,6 | 9,38 |
| 1852 Gimmeldinger | 11,2 | 9,06 |
| 1852 Forster | 11,2 | 9,06 |
| 1852 Arbleicher | 11,2 | 9,06 |
| 1846 Laubenheimer | 11,1 | 8,98 |
| 1835 Bodenheimer | 11,0 | 8,90 |
| 1853 Deidesheimer (Riesling) | 10,9 | 8,82 |
| 1846 „ „ | 10,9 | 8,82 |
| 1848 Pisporter | 10,8 | 8,74 |
| 1842 Musbacher | 10,5 | 8,50 |
| 1848 Scharlachberger | 10,2 | 8,26 |
| 1850 Edenkobener | 10,2 | 8,26 |
| 1842 Johannisberger | 10,0 | 8,10 |
| 1852 Neustädter | 9,5 | 7,70 |

Blume. Ein anderer flüchtiger Bestandtheil des Weines ist die Blume oder das Bouquet, über dessen Natur und Bildung wir nicht viel wissen. Sicher ist es, dass sich die Blume durch das Lagern aus dem

Alkohol des Weines und der in dem Wein enthaltenen Fettsubstanz bildet und eine ätherartige Verbindung ist. Die Blume ist bei einer jeden Weinsorte eine verschiedene und charakterisirt die einzelnen Weine. Nicht zu verwechseln mit derselben ist eine andere in jedem Weine vorkommende ätherartige Substanz, der Pelargonsäureäther (früher Oenanthäther genannt) $C_{22} H_{22} O_4 = C_{18} H_{17} O_3 + C_4 H_5 O$, der die Ursache des eigenthümlichen Weingeruches ist, den man besonders in ausgeleerten Weinfässern bemerkt. Diese Verbindung bildet sich ebenfalls beim Gähren des Zuckers behufs der Rumfabrikation. — Ausser dem Weingeist und dem Pelargonsäureäther finden sich in einigen Weinsorten andere flüchtige Körper, so z. B. in den Weinen von Bordeaux Essigäther, der indessen in Spuren in jedem Weine sich findet.

Extractgehalt. Durch Eintrocknen einer kleinen Menge Wein bei 100° erfährt man die Menge des Extractes. Der Extractgehalt ist eben so wie der Alkoholgehalt ein sehr verschiedener. Kersting fand in einigen Weinsorten der Bergstrasse 2,38, 2,44, 2,09 und 1,65 pCt. Extract, Fresenius in einigen Sorten jungen Rheingauer Weines 4,2, 5,2, 5,5 und 10,5 pCt. Das Extract besteht aus den gummiartigen Stoffen, unzersetztem Zucker, den nicht flüchtigen organischen Säuren und den mineralischen Bestandtheilen. Die gummiartigen Stoffe geben dem Wein eine dickflüssige, ölige Beschaffenheit, sie sind in den edlen Weinen in grösserer Quantität enthalten als in den gewöhnlichen Weinsorten, so dass die Quantität von festem Rückstand von einem Weine einen besseren Anhaltepunkt zur Beurtheilung seines Werthes giebt, als die Ermittelung des Alkoholgehaltes; da die alkoholreichsten Weine bekanntlich nicht immer die besten sind. Die Weinsäure ist ein sehr wesentlicher Bestandtheil des Weines und ist nach Batillot ein ausgezeichnetes Mittel, die Haltbarkeit der Rothweine zu erhöhen. Sie ist nicht allein ein wahres Präservativ gegen viele sogenannte Krankheiten des Weines, sondern auch gegen den schädlichen Einfluss hoher Temperaturen. Die Bordeauxweine haben den grossen Vorzug, dass sie ohne Schaden die Linie passiren können, dem Burgunder lässt sich diese Eigenschaft ertheilen, indem man auf das Liter einen Grammen Weinsäure zusetzt. — In den Rheinweinen ist der Gehalt an Weinsäure sehr bedeutend. Obgleich die Bildung der Blume durch diese Säure vermittelt wird, so ist doch die freie Säure besonders in alten Weinen sehr auffallend. Um dieselbe auf unschädliche Weise zu entfernen, schlägt Liebig vor, dem Weine etwas neutrales weinsaures Kali ($KO, C_4 H_2 O_5$) zuzusetzen, das, indem es freie Säure und Wasser aufnimmt, in *Cremor tartari* ($KO, 2 C_4 H_2 O_5, HO$) übergeht und sich als solcher ausscheidet. Freie Säure, wenn sie, wie in den Portweinen, von Essigsäure herrührt, kann durch das neutrale weinsaure Kali natürlicherweise nicht entfernt werden. Der Säuregehalt beträgt in den Rheinweinen 0,53 bis 0,81 pCt. Die mineralischen Bestandtheile des Weines kommen wenig in Betracht.

Je mehr die Blume des Weines entwickelt ist und je höher der Extract- und Alkoholgehalt, desto geschätzter ist im Allgemeinen die Weinsorte.

Krankheiten der Weine.

Während ihrer Aufbewahrung sind die Weine mehreren Krankheiten ausgesetzt, die mit verschiedenen Namen bezeichnet und verschieden beurtheilt werden. Die wichtigsten derselben sind:

1) das Zähe- oder Langwerden;
2) das Umschlagen oder Sauerwerden;
3) der Fassgeschmack;
4) der Schimmelgeschmack;
5) das Kahmigwerden.

Bei dem Zähe- oder Langwerden wird der Wein dickflüssiger als Oel und schleimig; es rührt von einer Veränderung des Zuckers her und wird am besten dadurch bekämpft, dass man die schleimige Substanz durch Gerbsäure fällt. Das Sauerwerden tritt bei geringem Alkoholgehalt des Weines, zu hoher Temperatur des Kellers, Berührung des Weines mit der Luft ein, und besteht in einer Oxydation des Alkohols zu Essigsäure. Ist das Sauerwerden erst im Entstehen, so kann man ihm zuvorkommen, wenn man dem Weine Zucker zusetzt. Ist dagegen der Wein bereits sauer geworden, so ist es am rathsamsten, ihn vollends in Essig übergehen zu lassen. Der Fass- und der Schimmelgeschmack, eine Krankheit, die sich bei alten Holzgefässen und in dumpfigen feuchten Kellern erzeugt, lässt sich durch Filtriren des Weines über frisch ausgeglühte Kohle, wobei jedoch stets Essigbildung eintritt, beseitigen. Das Kahmigwerden, an der Bildung einer weissen Haut auf der Oberfläche des Weines wahrzunehmen, ist der Vorbote des Sauerwerdens; man kann den Kahm durch Abseihen sondern. Jedenfalls ist ein solcher Wein schnell zu consumiren.

Moussirender Wein.

Der moussirende Wein, Schaumwein, Brausewein, ist ein aus Traubensaft bereitetes Getränk, welches durch reichliche Gährung vermittelst Zuckerzusatz in gut verschlossenen starken Glasflaschen 6—7 Volumina Kohlensäure comprimirt enthält, welche nach dem Entkorken der Flaschen unter Aufschäumen entweicht. Die Eigenschaft des Aufschäumens verdankt der Schaumwein der Kohlensäure, die durch Nachgährung in den Flaschen selbst sich erzeugt, und in der Flüssigkeit sich aufzulösen gezwungen wird. Die Schaumweine wurden zuerst in der Champagne erzeugt und der Schaumwein hiernach Champagner genannt; später wurde diese Benennung auch auf alle, anderen Ortes erzeugten Schaumweine übertragen, was unrichtig ist. Zur Bereitung der Schaumweine werden die Beeren mit vorzüglicher Sorgfalt ausgesucht und der durch das Auspressen derselben gewonnene Saft in Kufen gebracht, wo er den grössten Theil der Unreinigkeiten und etwas vom Ferment abscheidet; hierauf wird er vorsichtig abgegossen und in Fässer gefüllt, welche ganz voll sein müssen, damit der Wein beim Aufschäumen eine neue Menge Unreinigkeiten und Ferment auswerfe. Die Fässer müssen

in einen kühlen Keller gelegt werden, damit die Gährung nicht zu stürmisch vor sich gehe. Beim Einfüllen des Weines in die Fässer setzt man auf 100 Liter Most 1 Liter Franzbranntwein hinzu, wodurch man den Alkoholgehalt des Weines erhöht, ihm Blume giebt und vor Allem die Gährung mässigt. Sobald die stürmische Gährung vorüber ist, verspundet man das Fass wie gewöhnlich. Ende December zieht man den Wein in Stückfässer und schönt ihn mit Hausenblase. Ende Februar schönt man zum zweiten Male und lässt bis zu Anfang April ablagern. Jetzt mischt man ihn mit 3 — 5 pCt. sogenannten Liqueur (einer Auflösung von 1 Th. weissem Kandiszucker in 1 Th. weissem Wein) und füllt ihn dann auf Flaschen, die wohl verkorkt und mit Draht verschlossen werden. Obschon man jetzt dazu Flaschen anwendet, die einen Druck von 15 Atmosphären aushalten, findet durch Zerspringen der Flaschen ein Verlust von 5—8 pCt. statt, der früher aber sich selbst bis zu 30 pCt. steigerte. Unter den Flaschen sind Rinnen befestigt, damit der durch das Zerspringen der Flaschen ablaufende Wein nicht verloren gehe und noch zur Essigfabrikation benutzt werden könne. Man lässt den Wein 8—10 Monate lang auf den Flaschen liegen. Um die während der Nachgährung abgeschiedene Hefe aus der Flasche zu entfernen, dreht ein Arbeiter dieselbe um, öffnet den Kork und lässt so viel Schaum austreten, bis alle Hefe entfernt ist. Darauf wird die Flasche mit Wein, Liqueur und etwas Alkohol angefüllt, verkorkt und verdrahtet. Das Entfernen der Hefe aus den Flaschen ist eine der schwierigsten Operationen der Champagnerfabrikation. Man nennt sie „Dégorgeage". Häufig stellt man künstlichen Champagner auf die Weise dar, dass man in mit Zucker versetzten Wein mehrere Volumen Kohlensäure, nach Art der künstlichen Mineralwässer, der *Limonade gazeuse* u. s. w. comprimirt. In diesem Falle muss aber alle eiweissartige Substanz vorher möglichst aus dem Weine entfernt werden da ausserdem dieselbe durch die Kohlensäure gefällt wird, wodurch der Wein ein milchiges Ansehen erhält. In neuerer Zeit stellt man auch in Deutschland aus leichten Weinen einen dem Champagner ganz ähnlichen Schaumwein dar, der selbst den Kenner zu täuschen vermag. Man verwendet hierzu vorzüglich Rhein-, Neckar-, Main-, Meissner- und Naumburgerweine. Unter den Obstweinen sind die bekanntesten der aus Aepfeln

Cider. dargestellte, Cider, der aus Birnen, Poiré und der aus Stachelbeeren (*Gooseberry-Wine*). Man erhält sie durch Zerquetschen, Auspressen und Gährenlassen des Saftes. Da derselbe aber häufig viel freie Säure (Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure) enthält, so setzt man vor der Gährung gewöhnlich Zucker hinzu. Durch Gährung von Honig erhält man den Meth oder Honigwein, durch Gährung des Saftes, der aus angebohrten Birkenstämmen im Februar und März ausfliesst, den Birkenwein.

## Die Bierbrauerei.

Bierbrauerei. Unter Bier versteht man dasjenige unvollständige vergohrene und noch gährende geistige Getränk, welches aus stärkemehlhaltigen Substanzen, meist aus Gerste und Weizen, seltener Hafer und Kartoffeln, und Hopfen durch geistige Gährung, aber ohne Destillation gewonnen worden ist. Die Fabrikation des Bieres, die Bierbrauerei, zerfällt in fünf Operationen, nämlich:

1) in das Malzen des Getreides;
2) in das Einmaischen;
3) in das Würzekochen;
4) in das Kühlen der Würze;
5) in die Gährung.

Rohmaterialien der Bierbrauerei. Als Material der Bildung des Weingeistes im Bier ist jede stärkemehlhaltige Substanz anwendbar. In der Praxis giebt man aber den Cerealien den Vorzug, unter diesen wiederum der

Gerste. Gerste. Wissenschaftlich lässt sich kein genügender Grund angeben, warum man die Gerste dem stärkemehlreicheren Weizen vorzieht. Die Erfahrung lehrt aber, dass die gekeimte Gerste eine grössere zuckerbildende Eigenschaft besitzt, als jede andere Getreideart. In Bayern, als in demjenigen deutschen Lande, in welchem die Bierbrauerei die grösste Ausdehnung und die grösste Vollkommenheit erlangt hat, zieht man die grosse zweizeilige Gerste (*Hordeum distichon*) allen übrigen Sorten vor. Die Brauer nehmen beim Einkauf der Gerste auf die Gegend, Bodenart und Cultur derselben Rücksicht. Goldgelbe Farbe, Geruch- und Geschmacklosigkeit, gleiche Grösse der Körner, verhältnissmässig grosse Schwere und regelmässiges Keimen betrachtet man als Eigenschaften einer guten Gerste. Ein Alter von mehr als drei Jahren macht die Gerste zur Erzeugung eines guten Bieres untauglich. Die Gerste besteht, wenn wir von der organischen Structur derselben absehen, aus Stärkemehl, Kleber, einer geringen Menge Zucker, Dextrin, Eiweiss, einer fetten Substanz, Holzfaser und einigen mineralischen Bestandtheilen, unter denen besonders phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Kali und andere Kalisalze hervorzuheben sind. Gleiches gilt vom Weizen, Roggen und Hafer.

Oudemans fand (1857) bei der Analyse von Gerste in 100 Theilen:

| | Lufttrocken. | Bei 100° getrocknet. |
|---|---|---|
| Stärkemehl | 53,8 | 65,7 |
| Dextrin | 4,5 | 5,5 |
| Glutin, löslich in Alkohol, unlöslich in Wasser | 0,28 | 0,3 |
| Coagulirbare Eiweissstoffe | 0,28 | 0,3 |
| Zwei Eiweisskörper, in Wasser löslich, nicht coagulirbar | 1,55 | 1,9 |
| Unlösliche Eiweissstoffe | 7,59 | 9,3 |

| | Lufttrocken. | Bei 100° getrocknet. |
|---|---|---|
| Fett | 2,1 | 2,5 |
| Zellenstoffe | 7,7 | 9,4 |
| Unorganische Stoffe | 2,5 | 3,1 |
| Wasser | 18,1 | — |
| Extractgebende u. andere Stoffe | 1,6 | 2,0 |

Zucker. In Frankreich benutzt man ausser den stärkmehlhaltigen Körpern schon längere Zeit als Zusatz in der Bierbrauerei Zucker: wie Rohrzucker, Stärkezucker und Melasse. Die auf diese Weise dargestellten Biere sind allerdings haltbarer, haben aber einen anderen Geschmack und andere Bestandtheile als die allein mit Cerealien gebrauten. Der Zusatz von Kartoffeln, vom chemischen Standpunkte aus vollkommen gerechtfertigt und zu empfehlen, hat in den Ländern, die anerkannt das beste Bier liefern, keinen Eingang gefunden.

Hopfen. Ein zweites Material zur Bierbrauerei ist der Hopfen, welchem das Bier seinen bittergewürzhaften Geschmack, zum Theil seine betäubenden Eigenschaften und seine Haltbarkeit verdankt. Das, was man in der Bierbrauerei „Hopfen" nennt, sind die weiblichen Blüthen (Zapfen, Kätzchen) der Hopfenpflanze (*Humulus lupulus L.*), einer perennirenden Pflanze aus der Familie der Urticeen. Die Zapfen enthalten zwischen den Bracteen an der Basis einen gelben, dem Lycopodium ähnlichen pulverförmigen Stoff, der unter dem Mikroskop als eine Anhäufung sehr kleiner Drüsen erscheint, und mit dem Namen Hopfenmehl (Lupulin) belegt worden ist. Dieses Pulver, das ungefähr 12 pCt. vom Gewicht des Zapfen beträgt, enthält die wirksamen, d. h. diejenigen Bestandtheile des Hopfens, die seine Anwendung zur Bierbrauerei veranlassen. Diese Bestandtheile sind ein bitterer narcotischer Stoff, das Hopfenbitter, ein ätherisches Oel, das Hopfenöl, und etwas Harz.

Hopfenbitter. Die Bracteen und Stiele enthalten Gerbsäure (der Hopfen im Ganzen etwa 2,3 pCt.), die ebenfalls als wesentlich bei der Bierbrauerei zu betrachten ist. Ueber das Hopfenbitter und seine Eigenschaften ist noch wenig bekannt, da es wohl kaum im reinen Zustande dargestellt worden ist. Ihm verdankt das Bier ausser seinen bitteren Eigenschaften wahrscheinlich auch seine narcotischen.

Hopfenöl. Das ätherische Oel des Hopfens, das ungefähr 2 pCt. vom Gewicht des Hopfenmehls ausmacht, ist farblos und nicht schwefelhaltig; es ist die Ursache des aromatischen Geruches des Hopfens und des Bieres. Es besteht aus einem mit dem Terpentinöl isomeren Kohlenwasserstoffe $C_{10} H_8$ und einem sauerstoffhaltigen Oele, dem Valerol $C_{12} H_{10} O_2$. Bei der jetzt allgemein üblichen Methode des Bierbrauens geht ein grosser Theil dieses Oeles durch Verflüchtigung verloren. Durch längeres Aufbewahren des Hopfens oxydirt sich das Oel zum Theil zu Harz, darum erklärt sich der Umstand, dass der Oelgehalt des Hopfens mit dem Alter ab-, der Harzgehalt dagegen zunimmt. Das Valerol des

Oeles geht mit der Zeit in widrig riechende Valeriansäure ($C_{10} H_{10} O_4$) über. Die Gerbsäure des Hopfens verbindet sich mit dem Pflanzenleim der Bierwürze zu einer unlöslichen Verbindung, welche, indem sie sich ausscheidet, die Würze klärt. Mit der Zeit geht die Gerbsäure des Hopfens in Gallussäure über, welche den Pflanzenleim nicht mehr fällen kann, ein wichtiger Unterschied zwischen jungen und alten Hopfen. Unter den unorganischen Bestandtheilen des Hopfens sind besonders hervorzuheben: Kali, Bittererde, Phosphorsäure und Kieselsäure.

Unorganische Bestandtheile des Hopfens.

Hopfenbau.

Die wirksamen Bestandtheile des Hopfens sind nach Cultur, Jahrgang und Boden sehr verschieden. Einzelne Gegenden sind ihres vorzüglichen Hopfens wegen besonders berühmt, so die Gegend von Nürnberg (man baut ihn bei Spalt, Lauf, Hersbruck, Langenzenn, Hochstädt und Altdorf), Saatz, Falkenau und Auscha in Böhmen, Schwetzingen und Mannheim in Baden u. a. O. In Bayern wendet man vorzüglich Spalter und Hersbrucker Hopfen an. England besitzt die meisten Hopfengärten in den Districten Sussex, Rochester, Hereford und Canterbury. Der von Farnham wird am meisten angewendet. Frankreich baut allein in den beiden Departements *de la Somme* und *du Pas de Calais*. Der amerikanische Hopfen wird hauptsächlich in den Neu-England-Staaten, in New-York und Louisiana gebaut.

Physikalische Eigenschaften und Aufbewahrung des Hopfens.

Der Werth des Hopfens lässt sich zum Theil schon aus seinen äusseren Eigenschaften erkennen. Eine glänzende, hochgelbe Farbe, reichliches Hopfenmehl, reiner Hopfengeruch und klebrige Beschaffenheit sind Kennzeichen eines guten Hopfens. Um ihn längere Zeit aufzubewahren, muss der Hopfen, nachdem er vorsichtig getrocknet worden ist, festgestampft, vor dem Zutreten der Luft und Feuchtigkeit geschützt werden. Auf diese Weise ist es möglich geworden, Hopfen sechs Jahre lang ziemlich unverändert zu erhalten.

Schwefeln des Hopfens.

Das Schwefeln, ein Bleichprocess mit schwefliger Säure, hat zum Zweck, den Hopfen haltbarer zu machen, oder auch altem, dunkler gewordenen Hopfen die Farbe von frischem Hopfen zu ertheilen. Die Anwendung des Schwefels, um den Hopfen besser zu conserviren ist sehr zweckmässig und nicht nachtheilig; das Schwefeln aber von altem Hopfen oder die sogenannte Schönfärberei des Hopfens geschieht stets in betrügerischer Absicht und hat den Zweck „die alten Hopfenweibchen jugendlich zu schminken und mit gefälschtem Taufscheine in die Welt zu senden“; man erkennt das Schwefeln, indem man eine Handvoll des verdächtigen Hopfens in der Hand stark zusammenpresst und in geschlossener geballter Faust unter die Nase hält. Die schweflige Säure lässt sich dann, wofern der Hopfen erst vor einigen Wochen geschwefelt worden war, leicht durch den Geruch wahrnehmen. Die Brauer wenden zuweilen folgende höchst trügerische Probe an: Man übergiesst eine Prise von Hopfen mit warmem Wasser, bringt in das Gemenge eine blanke Silbermünze und lässt das Ganze an einem warmem Orte 2 Tage lang stehen. War

der Hopfen geschwefelt, so befinden sich auf dem Silber braune oder schwarze Flecken von Schwefelsilber. Die in dem Hopfen enthaltene schweflige Säure wird hierbei durch beginnende Gährung zu Schwefel reducirt, der sich im Augenblicke des Ausscheidens mit dem Silber zu Schwefelsilber verbindet.

Die chemische Prüfung des Hopfens wird auf folgende Weise ausgeführt:

I. Man befeuchtet ungefähr 30 Gr. des Hopfens mit verdünnter Phosphorsäure und erwärmt denselben in einem Kolben im Wasserbade; die sich entwickelnden Dämpfe werden in eine verdünnte Lösung von reinem kohlensaurem Natron geleitet, und diese Lösung tropfenweise zu einem erwärmten Gemisch von verdünnter Chlorbariumlösung mit Königswasser gesetzt. Entsteht eine Trübung von schwefelsaurem Baryt, so ist der Hopfen als geschwefelt zu betrachten.

II. Man übergiesst einige Zapfen des Hopfens und etwas Zink in einem Wasserstoffentwickelungsapparate mit Salzsäure, und leitet das sich entwickelnde Wasserstoffgas in eine verdünnte Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd. Enthielt der Hopfen schweflige Säure, so ist dem Wasserstoffgas Schwefelsäure beigemengt ($SO_2 + 3\ H = 2\ HO + SH$), was sich durch Bildung von braunschwarzem Schwefelblei in der Bleilösung zu erkennen giebt. Besser noch ist es, das sich bei diesem Versuche entwickelnde Gas in eine mit einigen Tropfen Kalilauge versetzte Lösung von Nitroprussidnatrium zu leiten; die geringste Spur von Schwefelwasserstoff erzeugt eine prächtig purpurrothe Färbung der Lösung. — Es ist hier nicht der Ort, eine Kritik dieser Prüfungsmethoden zu liefern. Es genüge die Bemerkung, dass absichtlich geschwefelter Hopfen nach längerer Zeit keine Spur von schwefliger Säure mehr enthielt. Die Entscheidung, ob ein Hopfen geschwefelt sei, ist demnach ausserordentlich schwierig.

Surrogate für den Hopfen. Anstatt des Hopfens hat man häufig versucht andere bittere und gerbstoffhaltige vegetabilische Substanzen, wie die Rinden der Pinusarten, Fichtensprossen, Gentian, Bitterklee, Quassia, Tausendgüldenkraut, Wermuth, Tabak u. s. w. anzuwenden; in der neuesten Zeit ist sogar die Benutzung der Pikrinsäure vorgeschlagen worden. Abgesehen davon, dass mehrere dieser Substanzen geradezu einen nachtheiligen Einfluss auf den Organismus ausüben, können diese Körper wohl dem Biere einen bittern Geschmack ertheilen, ersetzen aber keineswegs das Aromatische des Hopfens.

Wasser. In Bezug auf das Wasser, dessen man sich in der Brauerei bedient, ist zu bemerken, dass die Wahl desselben auf die Güte des Bieres von dem grössten Einflusse ist. Im Allgemeinen nimmt man an, dass ein hartes d. h. kalkhaltiges Wasser sich zum Bierbrauen nicht eigene. Dem widerspricht jedoch scheinbar die Erfahrung, da bekanntlich die Münchener Brauereien ein vorzügliches Bier liefern und dort Wasser aus der Isar anwenden, das Kalk- und Talkerdesalze in reichlicher Menge enthält. Die meisten Brauereien Münchens haben jedoch grosse Behälter, in welche man das Wasser leitet, damit sich hier die suspendirten erdigen Theile absetzen können, mit denen jedenfalls auch durch Flächenanziehung ein Theil der aufgelösten Salze niedergerissen wird; durch den

Zutritt der Luft wird aber auch der zweifachkohlensaure Kalk u. s. w. zersetzt, und auf diese Weise das Wasser von einem grossen Theile der Kalksalze befreit. Vollkommen ungeeignet ist ein Wasser, das Fäulniss- und Verwesungsproducte in merklicher Quantität enthält, deshalb gelblich gefärbt ist und unangenehm riecht.

Das Malzen des Getreides.

Das Malzen des Getreides oder die Umwandelung des Getreides in Malz ist eine Vorbereitung des Getreides durch Keimen für die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei. Das nicht gekeimte Getreide hat nur in sehr geringem Grade die Eigenschaft, die in ihm enthaltene Stärke in Zucker zu verwandeln; die Eigenschaft entwickelt sich aber während des Keimens im hohen Grade, und durch dieselbe ist man im Stande, Malz von ungekeimter Frucht zu unterscheiden. Warum man der Gerste vor anderen Getreidearten den Vorzug giebt, liegt, wie schon angeführt, daran, dass das Gerstenmalz die zuckerbildende Eigenschaft in noch grösserem Grade erlangt, als das Malz anderer Getreidearten.

Die Gerste besteht aus der lederartigen Samenhaut mit den stehengebliebenen Spelzen, und dem Eiweisskörper, der mit dem Keim den mehligen Kern bildet. Der Keim liegt nach der Aussenfläche und der Spitze des Kornes zu, und besteht aus dem Würzelchen (*radicula*), das sich zuerst entwickelt, und aus dem Blattfederchen (*plumula*), welches erst später hervorbricht. Das Würzelchen ist aber erst im Stande, aus dem Boden dem Blattfederchen Nahrung zuzuführen, wenn es eine gewisse Grösse erlangt hat. Ehe dies der Fall ist, nimmt das Blattfederchen aus dem Eiweisskörper seine Nahrung; es kann aber davon nur Gebrauch machen, wenn durch Einweichen der Gerste der Eiweisskörper löslich gemacht worden ist. Mit der Entwickelung des Keimes findet in dem Samenkorn eine energische chemische Action statt, die ihren Sitz namentlich in dem Kleber des Kornes hat. Die Quantität der löslichen Bestandtheile des Klebers nimmt zu, ebenso die Eigenschaft, die Stärke ebenfalls in einen löslichen Körper, in Zucker zu verwandeln. Das Wesen des Malzens liegt in der Entwickelung der zuckerbildenden Eigenschaft, das Schwierige desselben, das Keimen zur rechten Zeit zu unterbrechen, damit nicht der Blattkeim einen grossen Theil des Stärkemehls verschlinge und dasselbe in unlösliche Holzfaser oder Cellulose umwandele.

Die Bedingungen des Keimens der Gerste sind dieselben, die der Boden der gesäeten Frucht zur Zeit des Aufgehens bietet, nämlich: Sättigung des Kornes mit Feuchtigkeit, eine Temperatur, die nicht höher als $40^0$, nicht niedriger als $4^0$ sein darf, hinreichender Zutritt der atmosphärischen Luft und Abhaltung des Lichtes.

Die Operation des Malzens zerfällt

1) in das Einweichen oder Quellen,
2) in das Keimen oder Wachsenlassen,
3) in das Trocknen und das darauf folgende Darren.

Einweichen der Gerste.

Durch das Einweichen oder Quellen soll der Gerste die erforderliche Feuchtigkeit gegeben werden; man will ferner dadurch die Gerste von allen Unreinigkeiten und tauben Körnern befreien, die sich auf der Oberfläche des Wassers abscheiden, abgeschöpft und als Viehfutter verwendet werden. Man bedient sich dazu der Weichen oder Quellkasten, die von Holz, Sandstein, Marmor oder hydraulischem Kalk aufgeführt sind. Diese Weichen werden zur Hälfte mit Wasser angefüllt, und die Gerste in dieselben nach und nach unter beständigem Rühren eingeschüttet. Es wird so viel Wasser hinzugesetzt, dass es einige Zoll hoch die Gerste bedeckt. Zunächst findet eine Abscheidung der tauben und beschädigten Körner von den gesunden statt; letztere sinken nämlich nach einigen Stunden unter, während die ersteren auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, besonders abgeschöpft und als Viehfutter verwendet werden. Die Temperatur des Wassers beträgt ungefähr 12°. Das Wasser selbst wird im Sommer nach 8—12 Stunden, im Winter nach 24 Stunden gewechselt. Indem das Wasser nach und nach die Substanz der Körner durchdringt und diese erweicht und aufschwellt, löst es einen Theil aus der strohigen Hülse auf; dadurch nimmt das Wasser eine braune Farbe, einen eigenthümlichen Geruch und Geschmack an und hat grosse Neigung in Milch- und Buttersäuregährung überzugehen. Diese Veränderung würde einen nachtheiligen Einfluss auf das Malz ausüben, wenn man ihr nicht durch das Wechseln des Weichwassers zuvorkäme, welches letztere so oft wiederholt werden soll, bis das Wasser nicht mehr trübe abfliesst. Die Zeit des Einweichens ist von der Beschaffenheit und dem Alter der Gerste, von der Temperatur des Wassers etc. abhängig. Bei junger, frischer Gerste sind 48—72 Stunden hinreichend, während bei älterer und kleberreicher Gerste oft 6—7 Tage erforderlich sind. Um eine gleichmässige Weiche zu erzielen, muss deshalb Gerste von möglichst gleicher Beschaffenheit und gleichem Alter angewendet werden. Nachdem die Quellreife eingetreten ist, lässt man das Weichwasser ab, lässt aber die Gerste noch 8—10 Stunden zum Abtropfen in der Weiche liegen, bevor man sie auf die Malztenne bringt. Die Quellreife erkennt man daran, dass das Korn, an einem Holze getrichen, einen mehlartigen Strich giebt, und die Spitze des geweichten Kornes sich auf dem Daumennagel leicht umbiegen lässt. Die Gerste verliert während des Einweichens 1—2 pCt. ihres ursprünglichen Gewichtes, saugt dagegen 50 Gewichtsprocente Wasser an, wodurch ihr Volumen um circa 20 pCt. zunimmt.

Keimen der geweichten Gerste.

Sobald die Gerste mit Feuchtigkeit gesättigt ist, beginnt die Thätigkeit des Keimes und die Umwandelung des Stärkemehls in Zucker. Letztere geht langsam vor sich und hält mit der Entwickelung und dem Nahrungsbedürfniss des jungen Pflänzchens gleichen Schritt. Kurze Zeit nach der beginnenden Entwickelung des Blattfederchens, wo die zuckerbildende Kraft der Gerste ihr Maximum erreicht hat, muss der Keim getödtet werden. Mit der Tödtung desselben erlischt die zucker-

bildende Kraft nicht, sie lässt sich vielmehr ohne dessen störende Dazwischenkunft ausbeuten. Es ist die Aufgabe des Mälzers, durch Regulirung der Temperatur das Keimen zu überwachen und zur gehörigen Zeit zu unterbrechen. Das Local, in welchem das Keimen vor sich geht, heisst die Malz- oder Haufentenne oder der Wachskeller (Hummel). Die Malztenne soll unabhängig von der äusseren Temperatur und im höchsten Grade reinlich sein. Aus dem ersten Grunde legt man sie meist unter der Erde an; aus dem zweiten Grunde belegt man den Boden mit glatten, gut aneinander gefügten und mit Gyps ausgegossenen Marmorplatten, so dass in den Ritzen keine Körner zurückbleiben, welche schimmeln und das Malz verderben würden. An den Seitenwänden der Tenne sind Rinnen angebracht, damit die an denselben condensirte Feuchtigkeit aufgefangen werde und nicht in das Malz herabrinne.

Das Keimen der Gerste wird dadurch eingeleitet, dass man die geweichte Gerste auf dem Fussboden der Malztenne 4 — 5 Zoll hoch ausbreitet, und anfangs alle sechs, später alle acht Stunden umschaufelt, bis die Oberfläche getrocknet erscheint. Dieses Umschaufeln bezweckt, die am Boden befindliche Schicht nach Oben zu bringen und umgekehrt, und dadurch ein gleichmässiges Trocknen der Körner und gleichmässige Keimung zu erzielen. Während des Abtrocknens der Haufen (Malzscheiben oder Beete genannt) erscheint der Keim als weisser Punkt, aus welchem sich mehrere Würzelchen entwickeln. Dieses beginnende Keimen wird das Guzen oder Aeugeln genannt. Sobald dasselbe bei allen Körnern gleichmässig eingetreten ist, steigert man die Temperatur durch stärkeres Zusammensetzen der Haufen, d. h. dadurch, dass man dem Haufen eine Dicke von einem Fuss giebt und längere Zeit, ohne zu schaufeln, liegen lässt. Die Temperatur des Haufens steigt 6 — 10$^0$ über die der Umgebung und bewirkt eine starke Verdunstung von Feuchtigkeit, die sich in den oberen Schichten des Haufens verdichtet. Man nennt letztere Erscheinung das Schweisstreiben oder Schwitzen. Zu gleicher Zeit entwickeln sich grosse Mengen von Kohlensäure, und es ist dabei ein angenehmer, obstartiger Geruch wahrzunehmen. Um eine gleichmässige Keimung zu erzielen, sucht man die in den oberen Schichten befindlichen Körner in der Entwickelung des Keimes zu befördern, die zu schnell vorausgeeilten, in der Mitte des Haufens dagegen, zurückzuhalten. Zu diesem Behufe nimmt der erste Stich der Schaufel die oberste, feuchte und kalte Schicht hinweg, und wirft sie an den Grund des neu zu errichtenden Haufens in der Weise an, dass sie in die Mitte desselben gelangt und daselbst in Folge der höheren Temperatur sich schneller entwickelt. Der zweite Stich nimmt die am meisten entwickelte Schicht aus der Mitte des Malzhaufens; weil derselbe am wenigsten das fernere Wachsthum bedarf, so wirft man denselben auf die Weise aus einander, dass die Körner theils auf dem Boden des neuen Haufens zu liegen kommen, theils die obere Schicht desselben bilden. Der letzte Stich des neuen Haufens wird gleich

dem ersten, in die Mitte des neuen Haufens gebracht. Das Umschaufeln wird gewöhnlich zum dritten Male wiederholt. Die Würzelchen haben zu dieser Zeit bereits die Länge von einigen Linien und sind in einander geschlungen und gleichsam verfilzt. Jetzt ist der Zeitpunkt gekommen, wo der Entwickelung des Keimes entgegengetreten werden muss; dies geschieht durch Erniedrigung der Temperatur auf die Weise, dass der Haufen ausgezogen, d. h. um einige Zoll dünner gelegt wird. Der Mälzer beurtheilt das Fortschreiten und die Beendigung des Keimens nach der Länge der Wurzelfasern; bei hinreichend gekeimter Gerste sollen die Keime die Länge des Kornes um den vierten Theil oder um die Hälfte übertreffen, und so in einander verfilzt sein, dass mehrere Körner in einander hängen bleiben. Die Körner müssen ferner einen süssen Geschmack besitzen.

Die Dauer des Keimens beträgt während der wärmeren Jahreszeit 10—12 Tage; gegen das Ende des Herbstes 14—20 Tage. Das Keimen ist um so schneller beendigt, je mehr sich die Temperatur während desselben steigert. Der Frühling und der Herbst sind dem Keimen günstiger, als der Sommer und der Winter.

Trocknen und Darren der gekeimten Gerste. Sobald der Keimprocess der Gerste hinreichend fortgeschritten ist, wird durch schnelles Entziehen von Wärme und Feuchtigkeit, der Keim getödtet. Zu diesem Zwecke bringt man die gekeimte Gerste (grünes Malz) auf den Trockenboden (Schwelkboden oder Schwelche), ein gewöhnlicher Getreideboden, oder ein anderer, dem Luftzuge ausgesetzter Ort, der in der Nähe der Darre liegt. Das Malz wird auf dem Trockenboden 2—3 Zoll hoch ausgebreitet und täglich zur Verhinderung jeder Erhitzung 6—7 Mal umgerührt. Nachdem das Malz getrocknet ist, entfernt man die Würzelchen; ein Theil derselben fällt von selbst ab, ein anderer Theil wird durch Treten mit Holzschuhen von dem Malze getrennt und vermittelst einer Wurfmaschine gesondert. Gewöhnlich ist man genöthigt, um die Würzelchen zerreiblich zu machen, das Malz auf der Darre bei einer Temperatur von 30—40$^0$ vollständig zu trocknen. Das so erhaltene Malz, Luftmalz (Schwelchmalz), unterscheidet sich von der gekeimten Gerste nur durch Verminderung der Feuchtigkeit; die chemische Beschaffenheit ist dieselbe geblieben. 100 Gewichstheile Gerste geben im Durchschnitt 92 Gewichtstheile Luftmalz.

Von dem Luftmalz unterscheidet sich das Darrmalz. Wird nämlich das Malz bei dem Trocknen einer Temperatur ausgesetzt, die der Siedehitze des Wassers nahe liegt, so erleidet das Malz eine wesentliche Veränderung, die sich durch eine dunklere Farbe und durch einen angenehmen Geschmack zu erkennen giebt. Diese Veränderung ist eine Folge der fortgesetzten Einwirkung der zuckerbildenden Kraft auf das Stärkmehl, hauptsächlich aber durch Rösten der Malzbestandtheile hervorgebracht. Die bei dem Darren angewendete Temperatur ist von dem

grössten Einflusse, weil die Temperaturgrade, bei welchen das Malz die günstige Umwandelung erfährt, und diejenigen, wobei es untauglich wird, nicht weit von einander liegen.

Ehe man das Malz der zum Darren erforderlichen Temperatur aussetzt, wird es vorher auf dem Trockenboden und sodann auf der Darre bei 30—40⁰ erhitzt. Wollte man sogleich das grüne Malz stark erhitzen, so würde das Stärkmehl in Kleister übergehen, und sich das Korn in eine hornartige für das Wasser undurchdringliche Substanz umwandeln, wodurch es zum Bierbrauen untauglich wäre. Die jetzt üblichen Malzdarren bestehen aus der Heizung und der Darrfläche oder Hürde, auf welcher das Malz zum Darren ausgebreitet wird. Die Darrfläche besteht entweder aus einem horizontalen durchlöcherten Blech, oder aus engem Drahtgeflecht von Eisen und Kupfer. Wesentlich unterscheiden sich die Darren durch die Art und Weise, auf welche die in der Heizung entwickelte Wärme auf das Malz einwirkt. Eine ehedem angewendete Darre ist die Rauchdarre, bei welcher die aus der Heizung entweichenden Verbrennungsproducte durch eine Esse in einen darüber befindlichen, nach Oben trichterförmig sich erweiternden Raum, die Sau, geführt werden, auf welchem sich die Darrfläche befindet. Diejenigen Brennstoffe, die wie Koks keinen Rauch geben, sind für diese Darren am zweckmässigsten. Bei Anwendung von Holz wird das Malz dunkler und nimmt einen Rauchgeschmack an, der sich dem aus dem Malz dargestellten Bier mittheilt. Aus diesem Grund wendet man diese Darren nur noch selten an. Der angeführte Uebelstand ist bei den Luftdarren vermieden, bei denen die Verbrennungsproducte in keine unmittelbare Berührung mit dem Malze kommen, sondern ein Strom warmer Luft erzeugt wird, der sich unter der Darrfläche vertheilt. Grössere Brauereien haben die Einrichtung, dass das Malz auf der Darrfläche mittelst der vom Sudofen, und der von den um die Sudpfanne herumgehenden Luftcanälen abfallenden Wärme vollständig gedarrt wird, ohne die Heizung des eigentlichen Darrofens zu erfordern, dessen Dienste nur dann in Anspruch genommen werden, wenn nicht gesotten wird. Zur vollständigeren Benutzung der Wärme construirt man neuerdings statt einer Darrfläche zwei über einander.

Nachdem das Malz vorsichtig und gelinde erwärmt worden ist, steigert man die Temperatur auf 50, 70, ja selbst 80⁰, je nachdem ein helleres oder dunkleres Product erzielt werden soll. Die Farbe des Bieres fällt um so dunkler aus, je höher, und um so lichter, je niedriger die Temperatur während des Darrens des Malzes war. Je nach der Farbe unterscheidet man gelbes, bernsteingelbes und braunes Malz. Das dunkelkaffeebraune Malz, das Farbmalz, das man in den englischen Brauereien zum Färben des Porters anwendet, wird ähnlich dem Kaffee, in blechernen Cylindern über freiem Feuer geröstet. Die zuckerbildende Kraft des Malzes ist darin völlig vernichtet, da durch das Rösten die Stärke in Dextrin, der Zucker in Caramel verwandelt worden ist. Nach

dem Darren befreit man das Malz von den Würzelchen auf die Weise, wie dies beim Luftmalze geschieht. Das Gewicht der Gerste wird durch das Malzen vermindert, das Volumen dagegen vermehrt. 100 Gewichtstheile Gerste wiegen nach dem Darren und Reinigen, und nach Abzug von 10 Gewichtstheilen Wasserverlust ungefähr 91—93 Gewichtstheile, wonach der Verlust der frischen Gerste durch den Malzprocess 8 pCt. beträgt. Nach Oudemans ist das Gerstenmalz im gedarrten (I) und ungedarrten (II) Zustande in folgender Weise zusammengesetzt:

| | (I.) | (II.) |
|---|---|---|
| Dextrin | 5,8 | 9,4 |
| Stärke | 51,2 | 43,9 |
| Zucker | 0,6 | 0,8 |
| Zellenstoffe | 9,4 | 10,6 |
| Eiweissstoffe | 9,1 | 9,7 |
| Fett | 2,1 | 2,4 |
| Asche | 2,4 | 2,6 |
| Wasser | 11,1 | 8,2 |
| | 91,7 | 85,6 |

Man verlangt von gutem Darrmalz, dass es leicht zerbreche, ein weisses Mehl und einen angenehm süssen, dem Zucker ähnlichen Geschmack habe; es muss auf dem Wasser schwimmen und im Bruch mehlig, nie aber hornartig sein.

Veränderung der Gerste während des Malzens.

Die Veränderungen, welche die Gerste durch das Malzen erleidet, erstrecken sich zuvörderst auf den Kleber, der löslicher wird und die Fähigkeit erhält, Stärkemehl in Krümelzucker überzuführen, eine Fähigkeit, die allerdings auch der ungekeimten Gerste, wenn auch nur in sehr geringem Grade zukommt. In dieser Beziehung verhält sich der veränderte Kleber verdünnter Schwefelsäure ähnlich. Durch das Keimen selbst wird ferner ein Theil des Stärkemehls in Dextrin und Krümelzucker übergeführt. Während des Austrocknens des grünen Malzes setzt sich diese Ueberführung fort; durch das Darren verwandelt sich ein anderer Theil des Stärkemehls in Dextrin (Leiokom, vergl. Seite 388) und ein Theil des Zuckers in Caramel. Eine Erklärung der Erscheinungen während des Keimens der Gerste und überhaupt der Getreidearten zu geben, ist zur Zeit noch nicht möglich. Zwar betrachtet man einen eigenthümlichen Stoff in dem Malzauszuge als den Träger der zuckerbildenden Eigenschaft, welchem man den Namen Diastase gegeben hat. Es ist aber wahrscheinlicher diese zuckerbildende Eigenschaft vielmehr dem veränderten Kleber, als einem Stoff zuzuschreiben, der noch niemals isolirt dargestellt worden ist, für dessen Vorhandensein keine Thatsachen sprechen. Aus vergleichenden Analysen über die Bestandtheile der Gerste und des Malzes geht hervor, dass der Klebergehalt der Gerste durch das Malzen um den dritten Theil abnimmt, der Gehalt an Dextrin und Krümelzucker um das Dreifache zunimmt. In Folge des Einweichens vermindern sich

die unorganischen Bestandtheile; in Folge des Keimens und der dabei auftretenden Kohlensäureentwickelung der Kohlenstoffgehalt.

Das Einmaischen. Das Einmaischen hat zum Zweck, nicht nur den in dem Malz enthaltenen Zucker und das Dextrin aufzulösen, sondern auch aus dem noch vorhandenen unveränderten Stärkmehl mit Hülfe der sogenannten Diastase, der Wärme und des Wassers, Zucker und Dextrin zu bilden, den Kleber zu scheiden, so dass das Albumin coagulire und die Würze klar werde, was ausserdem nicht möglich wäre. Ehe man das Malz einmaischt, wird es zerkleinert (geschrotet); dies geschieht durch Zerquetschen auf gewöhnlichen Mühlen oder zwischen eisernen Cylindern. Um das geschrotene Malz (das Malzschrot) aus einem Theile der Brauerei in einen andern zu schaffen, bedient man sich jetzt häufig der Schraube des Archimedes.

Hinsichtlich des Einmaischens oder Einteigens des Malzschrotes lehrt uns die Theorie, dass die Temperatur des angewendeten Wassers nur eine mittlere sein darf, weil zu heisses Wasser das Stärkmehl des Malzes in Kleister verwandelt, der die auflöslichen Bestandtheile umhüllt und das Eindringen des Wassers verhindert, und die Diastase durch zu heisses Wasser unwirksam wird; dass ferner das zur Ausziehung nothwendige heisse Wasser nie auf einmal, sondern in getheilten Portionen angewendet werden muss, weil durch eine kleinere Quantität Wasser weit leichter eine gründliche Ausziehung erreicht wird, als durch grössere Massen, durch welche man gleichsam das Schrot ersäuft. Die höhere Temperatur ist in einer dicken Maische auch besser zu erhalten als in einer dünnen; die Zuckerbildung wird also auf diese Weise befördert, da die thätigen Theile näher bei einander bleiben.

Die Maischmethoden sind sehr verschieden; darin kommen aber alle überein, dass man die Zuckerbildung (Verzuckerung) in denselben Behältern vornimmt, in welchen das Ausziehen erfolgt, dass man ferner das Schrot vor dem eigentlichen Maischen mit lauwarmem Wasser durcharbeitet. Alle Maischmethoden lassen sich in zwei Hauptabtheilungen bringen: Die Infusionsmethode, bei welcher die Maische einen bestimmten Wärmegrad erhält, ohne dass irgend eine Portion derselben bis zum Sieden erhitzt wird; die Decoctionsmethode macht im Gegensatz von der Infusionsmethode vom theilweisen Siedenlassen der Maische Gebrauch.

Das Einmaischen des Schrotes geht in den Maischgefässen vor sich; dieselben sind entweder Bottiche oder Maischkasten. Die Maischbottiche sind von Holz und mit einem doppelten Boden versehen. Der obere der beiden Böden ist durchlöchert und befindet sich einige Zoll über dem unteren. Zwischen den Böden ist ein Hahn zum Ablassen der Flüssigkeit angebracht. Das einzumaischende Malz wird in den Bottich geschüttet, und dann so viel Wasser zugesetzt, dass beide einen dicken Brei bilden. Durch fortwährendes Durcheinanderarbeiten mit Krücken

und Rührhölzern werden die entstehenden Klumpen zerdrückt, und endlich sind alle Theile gleichmässig vom Wasser durchdrungen. Darauf beginnt das eigentliche Einmaischen, das je nach den verschiedenen Ländern auch verschieden ausgeführt wird. — In den grösseren Brauereien Bayerns wendet man viereckige Maischkasten an, in denen eine grössere Maischmasse leichter verarbeitet werden kann. Unter den Maischgefässen befindet sich ein kupferner Behälter, der Biergrand, Grand, oder Unterstock, welcher die vom Boden des Maischgefässes ablaufende Flüssigkeit aufnehmen soll.

Bayerische Maischmethode.

In dem grössten Theile des Königreichs Bayern bedient man sich der folgenden Maischmethode (Dickmaisch- oder Lautermaischkochen): Die zum Sud erforderliche Wassermasse (Guss genannt) wird getheilt; zwei Dritttheile werden im Maischbottich mit dem Malzschrot gemischt und tüchtig durcheinander gearbeitet. Nachdem die Maische in dem Bottich 2—4 Stunden geweicht ist, trägt man das letzte Dritttheil Wasser, das unterdessen in der Braupfanne bis zum Sieden erhitzt worden ist, unter fortwährendem Umrühren ein, wodurch die Maische eine Temperatur von 30—40° annimmt. Darauf folgt das erste Dickmaischkochen; zu diesem Behufe zieht der Brauer das eingemaischte Schrot auf der einen Seite des Bottichs zusammen und schöpft einen Theil davon in die Braupfanne, worin er es bei Schenkbier 30 Minuten, bei Sommerbier 75 Minuten sieden lässt. Die Quantität der zurückgeschöpften Masse beträgt ungefähr die Hälfte vom Guss. Die siedende Masse wird in das Maischgefäss zurückgeschöpft. Darauf folgt das Ueberschöpfen der zweiten Dickmaische in die Braupfanne, in welcher man es bei Schenkbier 75 Minuten, bei Sommerbier 1 Stunde sieden lässt. Durch die erste Dickmaische erhöht sich die Temperatur im Maischbottich auf 48—50°, durch die zweite auf 60—62°. Nach beendigtem Maischen der zweiten Dickmaische beginnt das Ueberschöpfen der Lautermaische, d. h. des dünneren Theiles der Masse; die Lautermaische siedet ungefähr 15 Minuten lang und wird sodann in den Maischbottich zurückgebracht. Die Temperatur der Maische beträgt jetzt 72—75° und ist die zur Zuckerbildung geeignetste. Die Maische bleibt nun in dem bedeckten Bottich ein bis zwei Stunden sich selbst überlassen; darauf wird die erste fertige Würze in den Grand abgelassen; sie giebt das eigentliche Hauptbier. Nachdem die Würze abgelassen, giesst man auf die zurückbleibenden Trebern nochmals heisses Wasser, arbeitet die Masse durch, und zieht ungefähr nach einer Stunde die zweite Würze ab, die entweder mit der ersten gemischt, selten getrennt von jener verbraut wird. Um die Erschöpfung der Trebern so weit als ausführbar zu vollenden, wiederholt man den „Nachguss" und stellt daraus entweder ein Nachbier (Schöps, Heinzeln, Dünnbier, Covent oder Convent) dar, oder benutzt ihn zum Zukühlen in Branntweinbrennereien als Glattwasser, sowie zur Fabrikation von Essigwürzen. Durch das Einmaischen des Malzschrotes

wird das Malzschrot jedoch bei weitem nicht ausgezogen und die zurückbleibenden Trebern enthalten noch Hülsen, stickstoffhaltige Bestandtheile, Fettsubstanz, kleine Quantitäten von Stärkmehl, phosphorsauren Kalk und andere Salze; sie enthalten demnach viele nahrhafte Theile und werden als Viehfutter benutzt.

Die im Vorstehenden kurz beschriebene Methode heisst die altbayerische oder Münchner Maischmethode. Verschieden von ihr ist die in mehreren Städten Frankens und Schwabens (Nürnberg, Kitzingen, Culmbach, Erlangen, Ansbach, Augsburg) angewendete, die man die schwäbische oder Augsburg-Nürnberger Maischmethode oder das „Auf Satz brauen" nennt. Das Wesentliche derselben besteht darin, dass man die durch das Ausziehen des Malzschrotes mit kaltem und mit dem ersten heissen Wasser erhaltene dextrinreiche Flüssigkeit zur Verhinderung der ferneren Verzuckerung von der Maische trennt. Das Malzschrot wird in dem Maischbottich mit der zum Einteigen nothwendigen Menge kalten Wassers (auf 7 bayerische Scheffel 30—35 Eimer Wasser) zusammengerührt und das Gemenge in dem bedeckten Bottich vier Stunden lang stehen gelassen. Nach dieser Zeit lässt man zwei Dritttheile der Flüssigkeit durch den Hahn in den Grand fliessen, worin die Flüssigkeit als „kalter Satz" aufbewahrt wird. Zur Beförderung des Maischens wird das Schrot in dem Maischbottich umgestochen, darauf mit einer Krücke wieder geebnet und ruhig stehen gelassen. Während dieser Zeit ist in dem Braukessel Wasser bis zum Sieden erhitzt worden (bei Anwendung von 7 Scheffeln Schrot 48 Eimer Wasser). Sobald das Wasser siedet, wird es zum Theil in den Maischbottich geschöpft, bis die Temperatur der Maische ungefähr 50—52° beträgt. Diese Arbeit wird das Annebeln genannt. Das Maischen geht ununterbrochen fort. Der im Grand befindliche kalte Satz wird zu der im Braukessel befindlichen Wassermasse gebracht. Sodann wird „gezogen", das erste Dick- und Frühlaufende in den Kessel befördert, bis es klar kommt, und dann die Masse in dem Braubottiche, auf deren Oberfläche ein feiner, weisser Schaum sich bildet, eine Stunde lang ruhig stehen gelassen. Nach dieser Zeit wird wieder gezogen, der warme Satz in den Grand gelassen, und von hier auf die Kühlen gepumpt, wo er von Zeit zu Zeit umgerührt wird. Nachdem die Flüssigkeit im Braukessel ins Sieden gekommen ist, beginnt jetzt das Ueberschöpfen nach dem Maischbottiche, bis die Maische darin eine Temperatur von 72—75° erreicht hat. Diese zweite Maische wird vollständig, bis auf eine kleine Quantität, die in dem Maischbottich zurückbleibt, um das Erkalten derselben zu verhüten, in den Kessel zurückgeschöpft, und unter fortwährendem Umrühren eine Stunde lang gekocht. Nach dieser Zeit wird die Maische nach dem Maischbottich zurückgeschöpft; sie heisst dann die dritte Maische. Der in den Kühlen befindliche warme Satz wird nach dem Braukessel gebracht, in welchen man jetzt Hopfen schüttet, ohne dass derselbe aber mit dem

Hopfen unter einander gerührt oder vermengt werde. Während die Masse in dem Kessel allmälig bis auf 28° erwärmt, wird gezogen, die zuerst abfliessende trübe Würze in den Maischbottich zurückgeschöpft und die andere allmälig klar abfliessende aus dem Biergrand auf den in dem Braukessel befindlichen Hopfen gebracht. Nach der gesetzlichen Verordnung muss der Brauer aus einem bayerischen Scheffel Malzschrot 6 Eimer Lagerbier oder 7 Eimer Schenkbier brauen. In neuerer Zeit hat man mit vollem Rechte in allen grösseren Brauereien die nicht rationelle Methode des Satzbrauens durch die altbayerische ersetzt.

Die im Kreise Oberfranken (Bamberg) häufig angewendete Maischmethode weicht von der altbayerischen und schwäbischen Methode insofern ab, als das Malzschrot nur durch Infusion ausgezogen, nicht aber ausgekocht wird. Die höchste Temperatur im Bottich beträgt 75°.

Böhmische Maischmethode. Das in Böhmen angewendete Maischverfahren unterscheidet sich von dem bayerischen im Wesentlichen dadurch, dass man mit bis auf 40° erwärmtem Wasser einteigt und meist drei Dickmaischen kocht.

Englische Maischmethode. Das in England, Frankreich, Nordamerika und in einem grossen Theil von Deutschland angewendete Maischverfahren gründet sich auf Infusion und ist dem im Kreise Oberfranken angewendeten ähnlich.

Dampfmaische. In neuerer Zeit fängt man an, sich der Wasserdämpfe zur Würzebereitung zu bedienen. Man leitet die Dämpfe entweder direct in die Maische, in welcher sie sich verdichten, weil sie ihre Wärme abgeben; oder man leitet die Dämpfe durch ein System von Röhren, die am Boden des Maischbottichs sich befinden; die Erwärmung der Maische geschieht auch durch Verdichtung der Dämpfe, das entstandene Wasser verdünnt aber nicht, wie in dem ersten Falle die Maische.

Das Würzekochen. Das Würzekochen. Das Malz giebt im getrockneten Zustande im Durchschnitt 65 pCt. lösliche Stoffe an die Würze ab. In dem Zustande, in welchem das Malz in der Bierbrauerei angewendet wird, enthält es noch 12 pCt. Wasser; es giebt demnach an die Würze nur 57 pCt. löslicher Bestandtheile ab. Die Würze enthält Krümelzucker, Dextrin, Proteinsubstanzen (Kleber), zuweilen etwas unverändertes Stärkmehl, extractive Substanzen und unorganische Salze. Sie ist je nach der Farbe des angewendeten Malzes von brauner oder gelbbrauner Farbe, angenehmem Geruch und süssem Geschmack. In Folge des Vorhandenseins einer kleinen Menge von Milchsäure, Phosphorsäure u. s. w. ist die Reaction der Würze stets sauer. Diese Reaction ist aber nie so stark, als wie bei der trebersauren Würze, bei welcher sich die vorhandene freie Säure (Milchsäure und Propionsäure) schon durch den Geruch und Geschmack zu erkennen giebt.

Das Würzekochen hat zum Zweck, die Würze zu concentriren, den zugesetzten Hopfen zu extrahiren, die in der Würze befindlichen Proteinsubstanzen zu coaguliren und nebst dem noch unveränderten Stärkmehl

durch die in dem Hopfen enthaltene Gerbsäure zu fällen. Durch letzteres wird die Würze geklärt.

Man bedient sich zum Würzekochen entweder der runden tiefen Braukessel oder zweckmässiger der Braupfanne, welche wegen des gleichmässigeren Siedens dem Kessel vorgezogen wird. Die Braupfanne ist von starkem Kupfer, viereckig, flach und dergestalt über dem Feuerrost eingemauert, dass die Wärme an den Seiten durch Züge herausströmen kann. Die Grösse derselben richtet sich nach dem Sudwerk. In der Mitte des Bodens befindet sich eine kleine Vertiefung, die mit Flüssigkeit gefüllt bis auf den Grund herausgeschöpft werden kann.

Der Hopfen wird gewöhnlich nicht mit der ganzen Quantität der Würze, sondern in getrennten Theilen ausgekocht. Die Ausziehung erfolgt schneller und vollständiger, wenn die Hopfenzapfen vorher zerrissen werden. Je kräftiger der Hopfen ist, desto längere Zeit ist zum vollständigen Ausziehen erforderlich. Die Quantität des Hopfens richtet sich nach der Art des zu erzeugenden Bieres, nach der Oertlichkeit und nach dem Geschmack der Consumenten. Zu den stärkeren Bieren nimmt man nur kräftigen jungen Hopfen, zu schwächerem Bier zwei- bis dreijährigen*).

| Man verwendet in | auf 100 Th. Bier | Hopfen in Pfunden |
|---|---|---|
| München | Winterbier | 2,3 |
| „ | Sommerbier | 3,2—4,9 |
| Bamberg | Winterbier | 4,4 |
| „ | Sommerbier | 8 |
| Culmbach | Winterbier | 4 |
| „ | Sommerbier | 12 |
| Böhmen | Winterbier | 2,2 |
| „ | Sommerbier | 3,3 |
| London | Porter | 12 |
| „ | Indian pale Ale | 32 |

Nachdem der Hopfen ausgezogen ist, lässt man die gehopfte Würze durch den Hopfenseiher auf das Kühlschiff. Der Hopfenseiher ist entweder ein durchlöcherter Holz- oder Blechkasten, oder ein mit Stroh ausgelegter Weidenkorb, oder endlich ein schwimmender Trichter aus biegsamen Metallgewebe, der sich in dem Grade, als die Flüssigkeit sinkt, ähnlich einem Blasebalg zusammenlegt, so dass nur die oberste klare Flüssigkeit durch das Rohr des Trichters abfliesst. Der auf dem Seiher zurückbleibende Hopfen enthält grosse Mengen von Flüssigkeit; man presst ihn deshalbsus.

*) In der neueren Zeit ist in Frankreich anstatt des Hopfens die Pikrinsäure zum Bierbrauen angewendet worden. Nach der Vorschrift von Dumoulin nimmt man 0,25 Grm. auf 100 Liter. Dieses neue Produkt ist nach dem Entdecker ein kräftiges Antiscorbuticum für die Marine; demnach möchte es mehr zu den Arzneimitteln als zu den Nahrungsmitteln zu rechnen sein. — Dass man das bittere englische Bier (Pale Ale) mit Strychnin verfälsche, wie neuerdings vielfach behauptet worden ist, hat sich, in Folge einer neueren Untersuchung durch Hofmann und Graham, als durchaus unbegründet erwiesen.

Die Concentration der gekochten Würze kommt bei gewöhnlichen Bieren einem spec. Gewicht von 1,030—1,050, bei starken 1,080—1,100 gleich, was 10—13 pCt. Extract entspricht. Der Extractgehalt der Bockwürze beträgt bis 16 pCt., der von Alewürze bis 30 pCt.

Das Kühlen der Würze.

Das Kühlen der Würze. Die gehopfte und gekochte Würze ist nun zur Gährung geeignet. Ehe sie aber in die Gährung versetzt werden kann, muss ihre Temperatur, die 90—93$^0$ beträgt, durch Abkühlen bis auf 20—10$^0$ erniedrigt werden. Dieses Abkühlen muss möglichst schnell geschehen, weil ausserdem Milchsäure- und Propionsäuregährung, ja selbst zum Theil Buttersäuregährung eintreten würde. Das Kühlen geschieht auf den Kühlschiffen oder Kühlstöcken, flachen Bohlenkästen, meist aus Lerchenholz gefertigt, die an einem reinen luftigen Orte, wo möglich nicht in dem Brauhause selbst liegen. Damit die Kühlung möglichst rasch erfolge, darf die Würze in dem Kühlschiff nicht höher als 2—4 Zoll hoch stehen. Eiserne Kühlschiffe, die jetzt häufig anstatt der hölzernen Anwendung finden, befördern die Abkühlung durch die Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens. Anderweitige Kühlapparate, die weniger in Deutschland, als in England und Frankreich angewendet werden, sind Schlangenrohre, Refrigeratoren u. s. w. Neuerdings wendet man häufig zum Kühlen Eis an, welches man entweder in Stücken in die Würze wirft und zergehen lässt, oder in Schwimmern auf der Oberfläche der Würze deren Kühlung bewirkt. Der Gehalt der Würze hat darüber zu entscheiden, ob sie eine unmittelbare Eiskühlung ertragen kann.

Auf die Abkühlung ist selbstverständlich die Temperatur, der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, der Wind, die Heiterkeit des Himmels etc. von entschiedenem Einfluss; aus diesem Grunde eignen sich die Herbst- und Frühlingsmonate besonders zum Bierbrauen. Die Temperatur, bis zu welcher die Würze abgekühlt wird, richtet sich nach der Temperatur des Gährungslokales und nach der Art der Gährung. Die Praxis hat folgende Temperaturgrade als die passendsten kennen gelehrt:

| Temperatur des Gährungslokales | Temperatur der Würze bei Untergährung | Temperatur der Würze bei Obergährung |
|---|---|---|
| 6—7$^0$ | 12$^0$ | 15$^0$ |
| 7—8$^0$ | 11$^0$ | 14$^0$ |
| 8—9$^0$ | 10$^0$ | 13$^0$ |
| 9—10$^0$ | 9$^0$ | 12$^0$ |
| 10—12$^0$ | 7—8$^0$ | 10—11$^0$. |

Bierstein.

In neuerer Zeit hat man auch die gehopfte Würze so weit abgedampft, bis sie noch dicker als Honig geworden, und sie dann in Geschirre ausgegossen, wo sie zu einer bräunlichen oder graulichgelben Masse, je nach der Farbe des Malzes erstarrt, die sich wie Zucker zerschlagen lässt, nur an der Luft Feuchtigkeit anzieht, klebrig wird und

dann die Beschaffenheit eines zähen Extractes annimmt, weshalb sie gut verschlossen und eingehüllt werden muss, wenn sie trocken bleiben soll. Diese so fest gewordene Masse ist der Bierstein, Getreidestein oder das Zeilithoïd. In dieser Form lässt sich die Bierwürze jahrelang unverändert aufbewahren, während die gehopfte Würze nicht zwei Tage ohne Veränderung wegen der unvermeidlich eintretenden Gährung erhalten werden könnte. Durch diese Möglichkeit, die Bierwürze fest und dauerhaft darzustellen und dadurch transportabel machen zu können, wird also der Bierstein Gegenstand des Welthandels. Das Verfahren, aus dem Bierstein Bier zu bereiten ist leicht, denn es besteht bloss im Auflösen desselben in gewöhnlichem Quell- und Flusswasser und in der darauf folgenden Gährung. Zu deutschen Bieren kostet der Centner Bierstein 25 fl., zu Porter und Ale 30 fl. Es giebt bereits mehrere Biersteinfabriken, so die von Rietsch zu Rudoletz in Mähren, und die von Beck in Kahla in Sachsen.

Gährung der Bierwürze.

Gährung der Bierwürze. Obgleich es hauptsächlich von der Temperatur abhängig ist, ob die Würze unter langsamer Entwickelung von Kohlensäure und unter Abscheidung der unlöslichen Substanzen auf dem Boden, oder ob sie unter heftiger Kohlensäureentwickelung und unter Abscheidung der unlöslichen Substanzen auf der Oberfläche gährt, mit anderen Worten, ob sie Unter- oder Obergährung erleidet, so ist es doch keineswegs gleichgültig, ob man zu der Würze Unterhefe oder Oberhefe setzt, da, wenn es irgendwie die Temperaturverhältnisse gestatten, die Unterhefe stets Untergährung, die Oberhefe stets Obergährung veranlasst. Wenn man Würze bei einer Temperatur von 7—12° in nicht neuen Fässern (in neuen Gefässen tritt diese Selbstgährung, die wie Fassgährung ist, nicht ein) sich selbst überlässt, so bemerkt man bald auf ihrer Oberfläche einen weissen Schaum und die Gährung fängt von selbst an. Es ist dies die sogenannte Selbstgährung und eine Untergährung. Sie tritt aber gewöhnlich so langsam ein, dass ein Sauerwerden des Bieres zu befürchten ist, deshalb setzt man, um den Erfolg zu sichern und um die Gährung zu beschleunigen, der zu gährenden Flüssigkeit schon die Hefe zu (das Stellen der Würze oder das Zeuggeben). Die Untergährung leitet man in der kühlen Jahreszeit ein und erzeugt das Lagerbier oder Sommerbier, das sich in geeigneten Lokalen den Sommer hindurch bis zum Anfang des Herbstes hält.

Bei der Obergährung wird die Würze mit Oberhefe, die von einem vorhergehenden obergährigen Gebräu aufbewahrt worden ist, in dem Gährbottich gemischt. In Folge der sich bald stürmisch entwickelnden Kohlensäure wird die neu entstandene Oberhefe auf die Oberfläche der gährenden Flüssigkeit gehoben und bildet auf derselben eine gelbliche, klebrige Schaumdecke. Die Obergährung erzeugt leichteres, weniger haltbares Bier (das Schenkbier oder Winterbier). Die Haupter-

scheinungen bei der Obergährung sind folgende: Es bildet sich am Rande ein Ring von weissem Schaum (das Ansetzen), der immer mehr und mehr zunimmt, bis er endlich die ganze Oberfläche bedeckt (das Rahmen). Sodann nimmt die Kohlensäureentwickelung zu und es bildet sich eine schaumige, leichte, oft fusshohe Decke, die sich in der Mitte zusammenzieht; zugleich steigert sich die Temperatur der Würze, so dass dieselbe oft 5 — 7° mehr beträgt, als die des Gährungslokals. Das sich entwickelnde Kohlensäuregas durchbricht die Schaumdecke und giebt der Oberfläche derselben ein unebenes, zerklüftetes Ansehen (das Kräusen). Später ebnet sich die Oberfläche, der Schaum enthält mehr Hefe und ist dadurch grossblasiger, zäher und mehr gelblich geworden. Nachdem der Schaum einige Zeit unverändert geblieben ist, sinkt er zusammen und hinterlässt eine gelbliche Decke von grösserer Consistenz, die wesentlich aus Oberhefe besteht und abgenommen wird. Das in dem Gährungsbottich befindliche Bier (das Jungbier) wird zur Nachgährung auf die Fässer gezogen. Ehe dies geschieht, wird die zur Nachgährung erforderliche Bodenhefe von dem Boden des Gährungsbottichs aufgerührt. Die Lagerfässer werden mit offenem Spund in den Keller gelegt. Die Hefe sammelt sich durch die im Keller fortschreitende Gährung in dem Spundloche an und wird durch dasselbe ausgestossen. Damit dies aber vollständig geschehe, wird Bier nachgegossen, um das Fass ganz angefüllt zu erhalten. Nachdem die Hefe ausgestossen worden ist, bemerkt man in dem Spundloche nur noch eine dünne weisse Schaumdecke. Jetzt ist das Bier klar geworden und das Fass wird verspundet. Die im Fasse befindliche Bodenhefe dient zur Unterhaltung der Nachgährung. Die Obergährung fängt nach 6—8 Stunden an und ist nach ungefähr 48 Stunden beendigt.

Bei der Untergährung sind die Erscheinungen im Allgemeinen dieselben wie bei der Obergährung, unterscheiden sich aber dadurch, dass sie minder stürmisch auftreten und sich auf der Oberfläche niemals eine dicke Decke bildet, sondern ein dünner, anfänglich weisser Schaum entsteht. Es erzeugt sich allerdings jene unebene Oberfläche, die kegelförmigen Schaumfiguren stehen aber ruhiger und sind nicht so hoch, als bei der Obergährung. Da die Kohlensäureentwickelung nur langsam vor sich geht, so kann sich der grösste Theil der Hefe zu Boden setzen. Durch die Abnahme des spec. Gewichtes des Bieres (durch die Attenuation) erfährt man die Beendigung der Gährung auf den Bottichen. Das Jungbier gelangt in Folge der langsamen Gährung weit klarer auf die Fässer, als bei der Obergährung. Die Dauer der Untergährung rechnet man durchschnittlich 5 bis 10 Tage.

Die Gährung des in die Fässer gebrachten Jungbieres ist keineswegs beendigt; in dem Bier sind noch Hefentheile enthalten, die eine unmerkliche Gährung, die Nachgährung, veranlassen. Diese Nachgährung ist die wesentlichste Bedingung guten Bieres. Sie liefert den in den

Fässern lagernden Bieren die zu ihrer Brauchbarkeit unumgängliche Kohlensäure, und ersetzt dieselbe in dem Maasse, als sie durch die Dauben verdunstet. Nur so lange die Nachgährung dauert, ist das Bier trinkbar; so wie die Gährung beendigt, verliert das Bier allmälig die Kohlensäure und wird schaal. Die Nachgährung ist es auch, welche bewirkt, dass auf Flaschen gefülltes Bier stark schäumt, da die sich allmälig entwickelnde Kohlensäure nicht entweichen kann.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass die Haltbarkeit eines Bieres abhängig ist von der Fortdauer der Gährung auf den Lagerfässern; die Gährung muss aber so regulirt werden, dass sich nie mehr Kohlensäure erzeugt, als die Flüssigkeit aufzulösen vermag. Die Leitung der Gährung wird durch die Grösse der Fässer und ferner durch die Temperatur der Lagerkeller bedingt, die möglichst kühl sein müssen. Die Temperatur soll nicht 10—12° überschreiten. Am zweckmässigsten sind in Felsen gehauene, oder wie in München meist in einem trocknen Kalkkiesboden ausgegrabene und ausgemauerte Keller. Der Reinlichkeit wegen werden die Lagerfässer ausgepicht; das hierzu angewendete Pech trägt indessen auch durch seine öligen Bestandtheile zur Haltbarkeit des Bieres bei.

Klären des Bieres. Das Trübsein des Bieres ist ein Fehler, beweist aber durchaus nicht, dass das Bier zu verderben begonnen habe; es zeigt nur, dass die verschiedenen Operationen nicht zweckmässig ausgeführt worden sind, namentlich dass das Bier nicht klar aus der Hauptgährung hervorgegangen ist. Um das Ansehen des Bieres zu verbessern, pflegt man das Bier zu klären. Das älteste Klärmittel des Bieres ist die Kohlensäure — man wälzt die Fässer einigemal um und legt sie dann wieder auf. Dabei wird Kohlensäure frei und nimmt die trübenden Theile mit in die Höhe. Eine andere zum Klären anwendbare Substanz ist die Hausenblase. Behufs der Klärung wird die in kleine Stückchen zerschnittene Hausenblase mit Wasser eingeweicht, die erweichte Masse mit den Händen geknetet und vor dem Mischen mit dem Biere in etwas saurem Biere zertheilt. Auf 100 Liter Bier rechnet man 4 Grammen Hausenblase. Die Theorie der Anwendung derselben als Klärungsmittel ist folgende: Die Hausenblase besteht aus geraden, weissen, wie Perlmutter glänzenden Fäden. Bringt man sie in Wasser und knetet sie nach dem Erweichen, so hat sie nichtsdestoweniger ihre organische Structur beibehalten. Wenn man die aufgequollene Masse zu Bier, trübem Wein und dergl. setzt, so bildet sie eine mit ausserordentlich feinen Fasern angefüllte Gallerte, die sich beim Schütteln in der Flüssigkeit gleichmässig vertheilt. Die in dem Biere noch enthaltene Hefe bewirkt aber ein Zusammenziehen der Hausenblasefäserchen, wodurch jede in der Flüssigkeit befindliche ungelöste Substanz eingehüllt und nun der klaren Flüssigkeit abzulaufen gestattet wird. Durch Kohlensäurebläschen wird die Hausenblase zum grössten Theile auf die Oberfläche der Flüssigkeit gebracht und durch das Spundloch ausgeschieden, ein anderer Theil fällt zu Boden. Da also die Klärung durch

Hausenblase eine Art von Filtration ist, so geht daraus hervor, dass die Anwendung des Leimes, des Caraghen u. s. w. als Surrogates der Hausenblase unnütz ist.

Sauerwerden des Bieres.

So wie das Bier die Kohlensäure verloren hat, tritt die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft, hauptsächlich auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Bieres ein und der im Bier enthaltene Weingeist geht nach und nach in Essigsäure über. Dieses Sauerwerden des Bieres ist ein unheilbares Uebel. Um sauergewordene Biere noch zum Ausschenken geeignet zu machen, werden oft Säure abstumpfende Mittel, wie Potasche und Soda, seltener kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia zu dem Bier gesetzt. Eine Verfälschung mit den beiden erstgenannten Salzen wird leicht nachgewiesen, indem man eine kleine Quantität des Bieres bis zur Trockne verdampft, den Rückstand glüht, nach dem Glühen mit Wasser auslaugt, die Flüssigkeit bis zur Trockne abdampft und sodann Salzsäure hinzugiesst. Entsteht Aufbrausen, so ist in den meisten Fällen Alkali hinzugesetzt worden. Eine bayerische Maass Lagerbier enthält durchschnittlich 0,5 Grm. Kali, ein Mehrgehalt deutet auf eine Verfälschung, ein Gehalt an Soda zeigt letztere bestimmt an, wenn das zum Bierbrauen verwendete Wasser nicht natronhaltig war.

Das Bier ist nicht wie der Wein, Branntwein u. s. w. eine ausgegohrene, sondern eine noch gährende Flüssigkeit.

Chemischer Bestand des Bieres.

Es ist herkömmlich, den Gehalt eines Bieres an Weingeist, Extract und Kohlensäure als Maassstab für die Güte desselben zu betrachten, obgleich strenggenommen die Bestandtheile des sogenannten Extractes, das Dextrin, der narcotische Stoff des Hopfens, die durch die alkoholische Gährung neben Alkohol gebildeten Substanzen (wie Bernsteinsäure, Milchsäure und Glycerin) wesentlichen Antheil an der Qualität des Bieres nehmen und bei der chemischen Untersuchung berücksichtigt werden müssten. Auf dem Verhältniss des angewendeten Malzes und des Wassers beruht die Stärke des Bieres; je mehr Krümelzucker des Malzes während der Gährung in Alkohol übergegangen ist, desto stärker ist das Bier. Von der Stärke ist die Schwere verschieden; unter letzterer versteht man die Menge an aufgelöstem Extract. Folgende Tabelle giebt die Zusammensetzung einiger der beliebtesten Biersorten:

| Biersorte: | Absoluter Alkohol, | Extract, | Kohlensäure |
|---|---|---|---|
| | in Gewichtsprocenten: | | |
| Salvator von Zacherl in München | 4,50 | 7,97 | 0,20 |
| Bock, Hofbräuerei in München . . | 4,70 | 7,48 | 0,18 |
| Bock, Zeltner in Nürnberg . . . | 4,20 | 4,78 | 0,22 |
| Lagerbier von Zeltner in Nürnberg . | 3,10 | 4,22 | 0,20 |
| „ Hofbräuhaus in München . | 3,66 | 5,18 | 0,16 |
| „ Wagnerbräu in München . | 3,89 | 5,76 | 0,16 |

| Biersorte: | Absoluter Alkohol, | Extract, | Kohlensäure |
|---|---|---|---|
| | in Gewichtsprocenten: | | |
| Lagerbier von Stockinger in Regensburg | 4,22 | 5,30 | 0,16 |
| Schenkbier von Schwanghardt in München | 3,20 | 5,37 | 0,15 |
| Schenkbier v. Wagnerbräu in München | 2,80 | 5,27 | 0,17 |
| „ Franziskanerbräu in München | 2,70 | 4,93 | 0,16 |
| Altbayerisches Landbier | 2,60 | 3,90 | 0,17 |
| Lagerbier aus Prag | 2,22—3,96 | 5,0—10,9 | — |
| Ale von Barkley in London | 6,10 | 5,98 | 0,18 |
| Porter aus London | 4,76 | 7,53 | — |

Folgende Biere enthalten in 100 Gewichtstheilen an Alkohol und Extract nachstehende Mengen (der Kohlensäuregehalt beträgt durchschnittlich 0,16—0,22 pCt.).

a) Bayerische Sommerbiere von

| | Alkohol. | Extract. |
|---|---|---|
| Zeltner in Nürnberg | 3,10 | 4,22 |
| Augustinerbräu München | 4,41 | 6,02 |
| Hackerbräu „ | 4,01 | 6,21 |
| Wagnerbräu „ | 4,41 | 6,12 |
| Pschorr „ | 3,28 | 6,12 |
| Spatenbräu „ | 4,28 | 5,82 |
| Hallerbräu „ | 3,68 | 5,60 |
| Maderbräu „ | 3,73 | 6,22 |
| Leistbräu „ | 4,38 | 6,52 |
| Stubenvoll „ | 4,03 | 6,83 |
| Hofbräuhaus „ | 4,06 | 5,55 |
| Knorr „ | 3,39 | 5,65 |
| Zacherl „ | 3,56 | 6,04 |
| Bock v. Zacherl „ | 4,28 | 10,90 |
| Leistbock „ | 5,61 | 9,63 |
| Hofbräuhausbock „ | 4,51 | 9,18 |

b) Andere deutsche Biere.

| | | |
|---|---|---|
| Prager Stadtbier | 3,44 | 5,20 |
| Böhmisches Landbier | 4,31 | 6,58 |
| Leipziger Braunbier | 2,55 | 5,25 |
| Lagerbier v. Machern (Sachsen) | 3,44 | 3,80 |
| Zwickauer Stadtbier | 4,32 | 4,27 |
| Altenburger Stadtbier | 3,68 | 5,20 |

| | Alkohol. | Extract. |
|---|---|---|
| Lützschenaer Bier | 4,35 | 5,87 |
| Feldschlösschen Bier (Sachsen) | 3,62 | 4,87 |
| Döllnitzer Gose (Sachsen) | 4,01 | 4,95 |
| Braunschweiger Mumme | 1,8 | 39,00 |
| c) Englische Biere. | | |
| Ale von London | 8,06 | 15,88 |
| Porter „ „ | 6,91 | 6,80 |

Untersuchung des Bieres.

Vom praktischen Standpunkte aus hat man bei der Untersuchung des Bieres zuerst Farbe, Klarheit, Geschmack, Geruch, sein Verhalten beim Ausgiessen, die Beschaffenheit des Schaumes zu berücksichtigen, und sodann den Gehalt an Kohlensäure, Weingeist und Extract zu bestimmen. Die in das praktische Leben übergegangenen Bierproben opfern zu Gunsten der leichten Ausführbarkeit einen Theil der Genauigkeit.

Chemische Untersuchung.

Die chemische Untersuchung des Bieres begnügt sich meist damit, die Kohlensäure durch den Gewichtsverlust beim Erwärmen zu bestimmen, indem man das zugleich mit entweichende Wasser durch ein Chlorcalciumrohr zurückhält. Der Extractgehalt ergiebt sich durch Verdunsten im Wasserbade und vollständiges Austrocknen bei 100°. Bequemer bestimmt man den Extractgehalt des Bieres durch das specifische Gewicht, indem man vorher daraus durch Kochen den Alkohol entfernt. Man wägt 300 Grammen des Bieres in einer Porcellanschale ab und dampft dasselbe bis auf die Hälfte ein; den Rückstand verdünnt man mit Wasser, bis das Gewicht der Flüssigkeit genau wieder 300 Gramm beträgt; das specifische Gewicht der Flüssigkeit erfährt man durch das Aräometer. Den Weingeistgehalt bestimmt man durch Destillation des Bieres, wovon man etwa 300 Grammen anwendet, indem man das spec. Gewicht des Destillates ermittelt.

Die hallymetrische Probe.

Die von Fuchs erfundene hallymetrische Bierprobe bestimmt den Wassergehalt des Bieres vor und nach der Entfernung des Alkohols. Sie gründet sich darauf, dass 100 Theile Wasser 36 reines Kochsalz (= 2,778 : 1) aufzulösen vermögen*), dass ferner eine Flüssigkeit um so weniger Kochsalz löst, je mehr sie Weingeist oder schon Substanzen gelöst enthält. Man ist demnach im Stande, die Quantität des Wassers zu bestimmen, indem man das Kochsalz in einer wässerigen Flüssigkeit auflöst. Um die Quantität des nicht aufgelösten Kochsalzes zu messen, dient das Hallymeter (Fig. 105 siehe nächste Seite), das aus einer oben weiten und offenen, unten engen und verschlossenen Glasröhre besteht. Das enge Stück der Röhre ist so getheilt, dass zwischen je 2

---

*) Diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, da nach von Fehling's Versuchen 100 Theile Wasser von 12° 35,91 reines wasserfreies Kochsalz (2,785 : 1) auflösen; Wasser von 100° löst 39,92 Kochsalz (2,550 : 1).

Theilstrichen 1 Gran (= 0,062 Grm.) fein gepulvertes Kochsalz bei festem Absetzen, was durch Stossen befördert wird, Platz findet.

Fig. 120.



Zur Ausführung der Probe wägt man 1000 Gran (= 62,500 Grm.) Bier in einem Kolben ab, und setzt ungefähr 330 Gran (20,46 Grm.) reines Kochsalz hinzu. Der bedeckte Kolben wird unter öfterem Umschütteln des Inhaltes in einem Wasserbade bis auf 38⁰ erwärmt. Nach ungefähr sechs Minuten wird der Kolben aus dem Wasserbade entfernt, abkühlen gelassen, die Kohlensäure aus dem Kolben durch gelindes Einblasen entfernt und gewogen. Der Gewichtsverlust giebt die Quantität der in dem Biere enthaltenen Kohlensäure. Der Kolben wird dann mit dem Daumen geschlossen, umgekehrt, um das nicht gelöste Salz über dem Finger zu sammeln, und sodann das Salz und die Flüssigkeit in das Hallymeter gebracht. Das ungelöste Kochsalz setzt sich in dem unteren Theile der Röhre ab. Das Absetzen wird durch Rütteln des Instrumentes befördert. Sobald das Volumen des abgesetzten Salzes nicht mehr zunimmt, liest man an den Graden die ungelösten Grane ab, und subtrahirt die Zahl der Grade von 330. Darauf berechnet man, welche Quantität Wasser dem aufgelösten Kochsalz entspricht;

Beispiel:

1000 Gran (= 62,50 Grm.) Bier lösen 330 — 18 = 312 Gran Kochsalz; (36 : 100 = 312 : x = 866,6)

demnach enthalten jene 1000 Gran Bier 866,6 Gran Wasser; das, was an 1000 Gran fehlt, = 133,4 Gran, ist der Gesammtgehalt an Kohlensäure, Weingeist und Extract.

Um die Quantität des Extractes zu bestimmen, wägt man in einem grösseren Kolben 1000 Gran Bier ab und kocht diese Quantität bis auf die Hälfte, auf 500 Gran ein. Dabei entweichen Kohlensäure und Alkohol vollständig. Darauf setzt man 180 Gran Kochsalz hinzu und verfährt wie oben. Angenommen nun, es hätten sich 180—20 = 160 Gran Salz gelöst, so entsprächen diese 444,4 Gran Wasser:

(18 : 50 = 160 : x = 444,4)

die von 500 Gran abgezogen 55,6 Gran für das Extract geben. Hätte nun die vorläufige Bestimmung der Kohlensäure 1,5 Gran gegeben, so ist die Quantität des in dem Bier enthaltenen Weingeistes 76,3 Gran (133,4 — 55,6 — 1,5 = 76,3), was 42,26 obsolutem Alkohol entspricht.

Balling's Probe. Die saccharometrische Probe von Balling gründet sich ausschliesslich auf Beobachtungen durch das Saccharometer

und die Wage, und benutzt die Verhältnisse, in welchen die spec. Gewichte des vergohrenen Bieres vor und nach dem Austreiben des Weingeistes durch Verdunsten zu dem Weingeist und Malzextract stehen. Nach dieser Methode wird das Extract aus dem spec. Gewichte des von Kohlensäure befreiten Bieres, und dem auf $^1/_3$ eingekochten Bieres, welches durch zugesetztes Wasser wieder auf sein erstes Gewicht gebracht worden ist, bestimmt. Aus diesen beiden Angaben des Saccharometers berechnet man den Extractgehalt der ursprünglichen Würze, den Gehalt an Extract und Wasser des Bieres, den Vergährungsgrad (das Verhältniss des zersetzten Malzextractes zum unzersetzten und das Verhältniss von Malz zur Erzeugung von Würze). Die Probe wird auf folgende Weise ausgeführt: Man befreit eine gewisse Menge Bier (ungefähr 208 Gramm = 13 Loth) durch öfteres Umschütteln von der Kohlensäure, und dampft die Hälfte dieser Flüssigkeit bei gelinder Wärme, so dass kein Sieden stattfindet, bis ungefähr $^1/_3$ ihres Volumens ein. Das abgedampfte, vom Weingeist befreite Bier wird abgekühlt. Mit der anderen Hälfte der Flüssigkeit bestimmt man das spec. Gewicht, was am Besten in einem Tausendgran-Fläschchen auf einer Wage geschieht. Wiegt das Bier z. B. in diesem Fläschchen 1,0226 Gran, so ist das spec. Gewicht des Bieres = 1,0226. Nach den von Balling berechneten Tabellen ergeben sich daraus die Saccharometerprocente zu 5,650. Zu dem abgedampften Biere setzt man so viel destillirtes Wasser, dass das Gesammtgewicht genau wieder 13 Loth beträgt. Nachdem durch Umrühren die Auflösung des Bierextractes in dem Wasser bewirkt worden ist, bestimmt man das spec. Gewicht dieser Lösung. Es sei = 1,0305; daraus berechnet sich nach Balling's Tabellen der Extractgehalt des Bieres zu 7,585 pCt. Um den Alkoholgehalt zu finden, zieht man die zuerst erhaltenen Procente von den zuletzt erhaltenen ab, also 7,585 — 5,650 = 1,935 (Attenuationsdifferenz); multiplicirt man diese Zahl mit dem mittleren Alkoholfactor = 2,24, so erhält man die Alkoholprocente (1,935 × 2,24) = 4,334. Das auf diese Weise untersuchte Bier enthält demnach in 100 Gewichtstheilen:

| | |
|---|---|
| Alkohol . . | 4,334 |
| Extract . . | 7,585 |
| Wasser . . | 88,081 |
| | 100,000 |

Die Kohlensäure wird durch einen besonderen Versuch bestimmt.

Steinheil's Probe. Die optisch aräometrische Probe vom Ministerialrath von Steinheil in München ist auf die Beobachtung zweier Eigenschaften des Bieres basirt, nämlich seines spec. Gewichtes vermittelst des Aräometers und seines Lichtbrechungsvermögens, das durch einen besonderen optischen Apparat bestimmt wird. Letzterer besteht aus einem cylindrischen Gefässe, das durch drei eingetheilte Plangläser in zwei Flüssigkeitsprismen mit gleichem, aber entgegengesetzt liegendem

brechenden Winkel getheilt ist. Durch diese Prismen betrachtet man einen Metallfaden, der vertikal vor denselben gespannt ist, durch ein Mikroskop, dessen Okularfäden den Metallfaden genau halbiren, so lange die Prismen leer oder mit destillirtem Wasser angefüllt sind. Wird nun das Wasser in dem einen Prisma durch Normalbier ersetzt, so erscheint der Metallfaden in horizontalem Sinne verschoben und wird alsdann mittelst einer Mikrometerschraube in die vorige Lage gegen die Okularfäden zurückgebracht. Den Bogen, welchen hierbei der Kopf der Mikrometerschraube durchläuft, theilt Steinheil in 60 Th. und trägt noch etwa 20 Th. über den letzten Punkt fort.

Ein Normalbier zeigt 60, ein Bier nun, das z. B. 75 zeigt, enthält im Eimer zu 60 Maass so viel Malzgehalt, als 75 Maass Normalbier. Es würde hier zu weit führen, die Details der Methode zur Bestimmung des Gehaltes der Biere an Alkohol und Extract anzugeben; wir verweisen deshalb auf Steinheil's ausführliche Abhandlung im Kunst- und Gewerbeblatt pr. 1845 p. 227. Die Steinheil'sche Methode wird vielfach angewendet und empfiehlt sich dadurch, dass sie bei grosser Einfachheit in der kürzesten Zeit mit den vorhergehenden Methoden übereinstimmende Resultate liefert.

## Die Branntweinbrennerei und Spiritusfabrikation.

Branntweinbrennerei

Unter Branntwein versteht man ein durch Destillation gegohrner Flüssigkeiten erhaltenes Gemisch von Wasser und Weingeist in mannichfachen Verhältnissen, das durch einen Gehalt an eigenthümlichen Nebenproducten (Fuselöl), die sich während der Gährung gebildet haben, charakterisirt ist. Da bei der Branntweinbrennerei die Production von Alkohol (Spiritus) der Hauptzweck ist, so ergiebt sich hieraus, dass aller Zucker so vollständig als nur immer möglich in Alkohol übergeführt wird, und die Darstellung der zuckerhaltigen Flüssigkeit bei einer Temperatur erfolgen muss, bei welcher die Diastase ihre Wirksamkeit nicht verliert. Zur Darstellung von Branntwein wendet man in Deutschland seltener weingeisthaltige Flüssigkeiten, wie Weine, Obstweine und dergl., sondern meist Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben, zuweilen auch Topinambur, Melasse, so wie überhaupt die Abgänge aus den Zuckerraffinerien an. Die Darstellung aus Kartoffeln ist in Deutschland die gebräuchlichste. Die Branntweinbrennerei zerfällt in drei Hauptoperationen:

1) In die Darstellung der zuckerhaltigen Flüssigkeit,
2) in die Gährung derselben,
3) in die Abscheidung des Alkohols durch Destillation.

vermittelst Getreide.

Getreidebranntwein (Kornbranntwein) wird aus Weizen, Roggen und Gerste dargestellt. Nie brennt man eine Getreideart allein, da die Ausbeute an Alkohol erfahrungsmässig grösser ist, wenn man zwei Getreidearten, wie Weizen und Gerste, Roggen und Gerste und dergl. brennt. Man nimmt einen Theil der einen Getreideart auf drei Theile

der anderen, $^1/_4$ bis $^1/_3$ Gerstenluftmalz, und lässt das Ganze zu einem feinen Schrote mahlen. Das Malz wird eben so dargestellt, als das zur Bierbrauerei bestimmte, nur lässt man die Würzelchen etwas länger wachsen und behandelt es auf der Darre nur so lange, bis es vollkommen trocken geworden ist. Das Schrot wird in bis auf 40° erwärmtes Wasser geschüttet und die Temperatur der Flüssigkeit darauf vermittelst siedenden Wassers oder einströmender heisser Dämpfe bis auf 65° gebracht. Nach $1^1/_2$—2 Stunden ist durch die Einwirkung der Diastase im Malze die Stärke des Getreides in Zucker verwandelt worden und die Maische ist zur Gährung reif. Sodann setzt man so lange kaltes Wasser hinzu, bis die Temperatur auf 24—22° gefallen ist und bringt darauf die Maische mit Hefe zusammen. Man wendet meist Bierhefe oder eine künstliche Hefe an, die man in den Brennereien selbst darstellt. In Bezug auf die Unzahl der oft marktschreierisch angekündigten Recepte zur Bereitung von Hefe ist zu bemerken, dass jetzt, wo wir die Natur der Hefe kennen, ein jeder Producent den Werth einer solchen Vorschrift leicht beurtheilen kann. Sie beruhen meist darauf, dass man das Schrot mit einer geringen Menge Hefe in Gährung gerathen lässt, wobei sich eine grosse Menge Hefenzellen bilden, und die gährende Masse dann der übrigen Maische zusetzt, in der dann die Gährung leicht sich fortsetzt. — Bei nicht zu kalter Luft beginnt die Gährung schon nach 1—2 Stunden und ist nach 2—3 Tagen beendigt. Jetzt kann man das Abdestilliren des Alkohols vornehmen.

Gährung der Maische.

Branntwein aus Kartoffeln.

Zur Darstellung des Branntweins aus Kartoffeln wendet man am Besten die in Sandland erzeugten mehligen Kartoffeln an. Man wäscht sie entweder in einer Waschmaschine oder mit Hülfe von Besen, Stangen u. s. w. und kocht sie dann in heissen Wasserdämpfen gar. Nach völligem Garkochen, was nach $1^1/_2$—2 Stunden geschehen ist, werden die Kartoffeln zerquetscht und in eine breiartige Masse verwandelt; dies geschieht am einfachsten auf einer Quetschmühle. Darauf folgt das Maischen des Kartoffelbreies, um dadurch die gährungsfähigen Stoffe auszuziehen. Es ist nothwendig bei diesem Maischen, dem Brei eine gewisse Quantität geschrotenes Weizen- oder Gerstenmalz zuzusetzen. Zu diesem Behufe maischt man den Brei mit Wasser von 30—40° ein und rührt die Maische mit Malz zusammen, von welchem man auf jeden Scheffel Kartoffeln 4—6 Pfund rechnet. Der Zusatz des Malzes hat den Zweck, durch die in demselben enthaltene sogenannte Diastase die Stärke der Kartoffeln in Zucker umzuwandeln. Das Stellen der Maische geschieht auf die Weise, dass man eine kleine Quantität derselben mit Hefe versetzt und die Masse, so wie völlige Gährung eingetreten ist, mit der ursprünglichen mischt und zur Gährung hinstellt.

Branntwein aus Rüben.

In neuerer Zeit hat man mit Vortheil Rüben (Zuckerrüben) zur Fabrikation von Branntwein verwendet. Die Zuckerrüben enthalten 96 pCt. Saft, mithin nur 4 pCt. unlösliche Substanz. Man würde

sich aber irren, wollte man glauben, die zerriebenen Rüben bildeten eine Flüssigkeit oder einen dünnflüssigen Brei. Der Rübenbrei ist äusserst consistent, indem die 4 pCt. Marksubstanz hinreichen, um die 96 pCt. Saft aufgesogen zurückzuhalten. Diese schwammige Beschaffenheit des Rübenbreies steht nun der Verwandelung der ganzen Rüben in eine hinreichend concentrirte Maische im Wege; es liegt daher sehr nahe, nur den Saft der Rüben zu verarbeiten. Dies geschieht entweder durch Auspressen des Rübenbreies, wo man von den vorhandenen 96 pCt. Saft 80 pCt., die 9,6 Pfund Zucker enthalten, gewinnt, oder billiger und einfacher durch Maceration, was ausserdem noch den Vortheil gewährt, dass der ganze Zuckergehalt der Rüben zur Benutzung kommt. Das Stellen der Maische geschieht nach den gewöhnlichen Grundsätzen. Ein Satz von 1—1½ Th. Schwefelsäure auf 100 Th. Saft befördert die Vergährung ausserordentlich.

Destillation. Die gegohrene Branntweinmaische enthält nichtflüchtige Bestandtheile (Faser, Malzhülsen, unorganische Salze, Proteinsubstanzen, unzersetzte und zersetzte Hefe, Bernsteinsäure, Glycerin, Milchsäure u. s. w.), so wie flüchtige (Alkohol, Fuselöl oder Amylalkohol, Wasser und Essigsäure). Um den durch die Gährung entstandenen Alkohol von dem gegohrenen Gute zu trennen, wird derselbe abdestillirt. Zu dieser Destillation bediente man sich früher gewöhnlich einer kupfernen Blase mit Helm versehen, indem das Gut erhitzt wurde. Das Rohr des Helms stand mit einem Kühlapparat in Verbindung, in welchem sich die Alkoholdämpfe condensirten und dann aufgefangen wurden. Die jetzt angewendeten zweckmässigen Brennapparate sind erst in der neueren Zeit erfunden worden. Der Betrieb der Destillation geht auf folgende Weise vor sich: die völlig ausgegohrene Maische wird in die Blase geschöpft, der Helm aufgesetzt, mit dem Kühlapparat verbunden und alle Fugen verklebt. Die beim Erhitzen überdestillirende alkoholhaltige Flüssigkeit, die 15—20 pCt. Weingeist enthält (Lutter, Läuter, Lauer), wird rectificirt oder geweint. Man destillirt so lange fort, bis die übergehende Flüssigkeit keinen Alkohol mehr enthält. Der in der Blase zurückbleibende Rückstand heisst die Schlempe; derselbe besteht aus eiweissartigen Substanzen, Trestern, grossen Mengen von Bernsteinsäure und Milchsäure, und dient gewöhnlich als Viehfutter zur Mästung oder der flüssige Theil seiner sauren Beschaffenheit wegen, als sogenannter Spühlicht zum Reinigen von Metall, namentlich von Kupfer. Die wiederholte Destillation des Lutters wird das Weinen genannt, das zuerst übergehende, sehr alkoholreiche Destillat heisst Vorlauf, das spätere Nachlauf. Ein zweimal destillirter Alkohol enthält gegen 50 pCt. Alkohol; durch Destillation kann man ihn aber wohl nicht stärker als 95procentig darstellen.

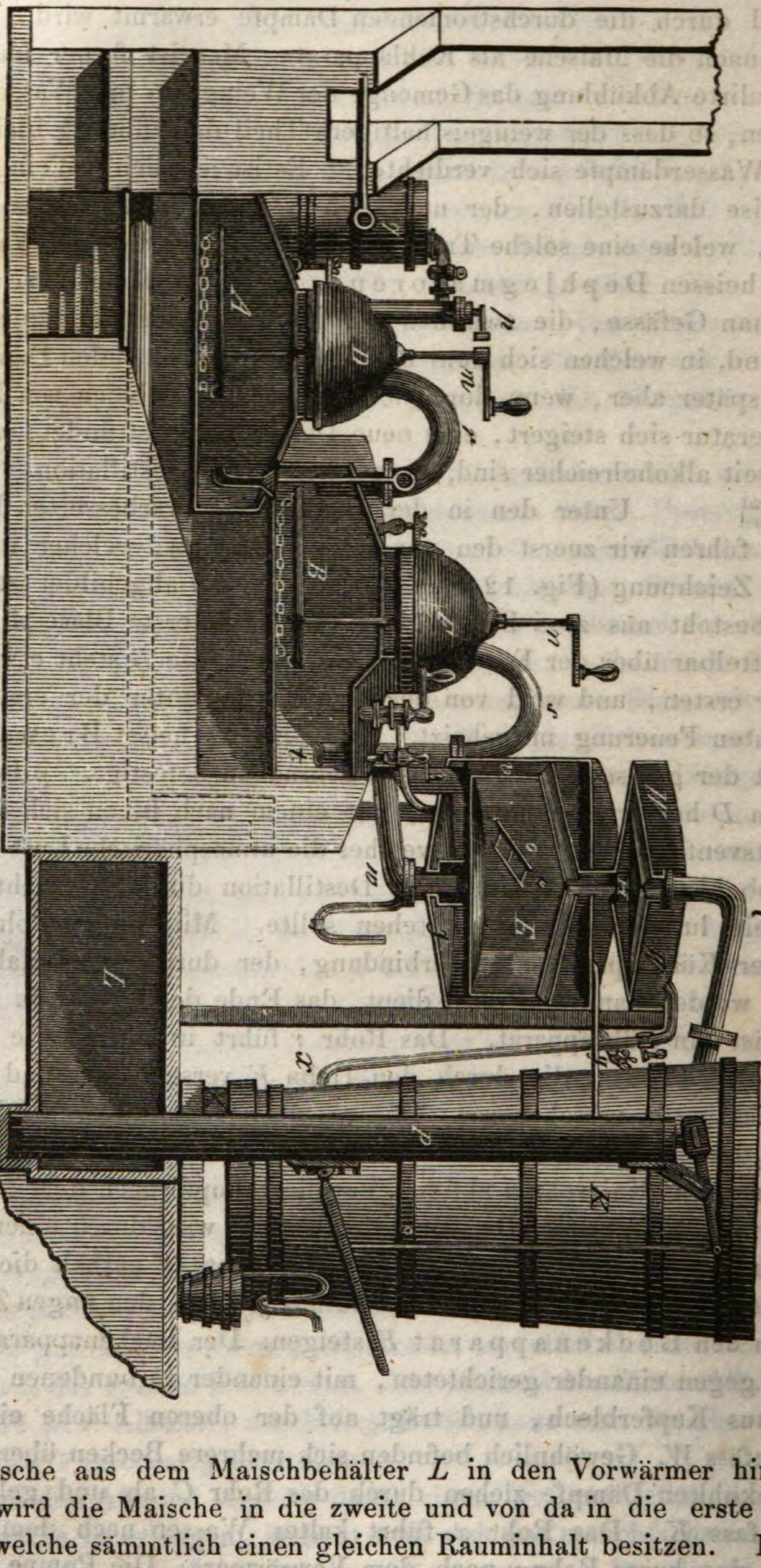
Um den Alkohol sogleich durch einmalige Destillation von der gehörigen Stärke zu erlangen, bedient man sich der manchfachsten Methoden. Zuerst wendet man Maischvorwärmer an. Bei diesen Apparaten

wird der Dampf durch ein schlangenförmig gebogenes Rohr durch die Maische geführt, die sich in einem hölzernen oder kupfernen Behälter befindet und durch die durchströmenden Dämpfe erwärmt wird. Hierbei wirkt demnach die Maische als Kühlapparat. Man ist ferner im Stande, durch regulirte Abkühlung das Gemenge der Weingeist- und Wasserdämpfe zu zerlegen, so dass der weingeisthaltigere Theil dampfförmig bleibt, während die Wasserdämpfe sich verdichten. Es ist möglich, Weingeist auf diese Weise darzustellen, der nur noch 8 — 10 pCt. Wasser enthält. Apparate, welche eine solche Trennung des Weingeistes vom Wasser bezwecken, heissen Dephlegmatoren. Unter den Rectificatoren versteht man Gefässe, die zwischen der Blase und dem Kühlapparate befindlich sind, in welchen sich zwar anfangs die einströmenden Dämpfe verdichten, später aber, wenn durch fortgesetztes Einströmen von Dämpfen die Temperatur sich steigert, eine neue Destillation stattfindet, wobei die Dämpfe weit alkoholreicher sind, als bei der ersten Destillation.

Brennapparat von Pistorius.

Unter den in der neueren Zeit verbesserten Destillirapparaten führen wir zuerst den von Pistorius an, welcher in nebenstehender Zeichnung (Fig. 121 siehe nächste Seite) abgebildet ist. Dieser Apparat besteht aus zwei Blasen *A* und *B*. Die erste Blase *A* befindet sich unmittelbar über der Feuerung; die zweite Blase *B* steht etwas höher hinter der ersten, und wird von der Flamme der unter der ersten Blase angebrachten Feuerung mitgeheizt. Die Blase *A* heisst Brennblase; auf ihr ist der grosse Helm *D* mittelst Schrauben befestigt. *p* ist ein aus dem Helm *D* hervorragendes Rohr, mit einem nach Innen sich öffnenden Sicherheitsventil versehen, durch welches die atmosphärische Luft eintreten kann, sobald gegen das Ende der Destillation durch Verdichtung der Dämpfe ein luftleerer Raum entstehen sollte. Mit diesem Rohr *p* steht ein kleiner Kühlapparat *q* in Verbindung, der durch einen Hahn abgeschlossen werden kann und dazu dient, das Ende der Operation zu erfahren. *m* ist ein Rührapparat. Das Rohr *r* führt in die zweite Blase *B*, die Maischblase, die durch den Helm *F* verschlossen und mit der Rührvorrichtung *n* versehen ist. Das aus dem Helm *F* abgehende Rohr *s* steht mit dem bis in die Maische herabreichenden Rohr *t* in Verbindung, aus welchem das Knierohr *u* abführt, um die Dämpfe nach dem Maischvorwärmer zu führen. Der Maischvorwärmer wird durch einen doppelten Boden in zwei Abtheilungen getheilt, die obere *E* enthält die Maische, die untere *g* die Dämpfe, welche letztere aus *g* durch den engen Zwischenraum *v* in den Beckenapparat *H* steigen. Der Beckenapparat besteht aus zwei gegen einander gerichteten, mit einander verbundenen stumpfen Kegeln aus Kupferblech, und trägt auf der oberen Fläche ein flaches Wassergefäss *W*. Gewöhnlich befinden sich mehrere Becken übereinander. Die abgekühlten Dämpfe ziehen durch das Rohr *C* ab und gelangen in das Kühlfass *K*. Das Rohr *x* führt kaltes Wasser nach dem Beckenapparat, das kurze Rohr *y* nach dem Vorwärmer. Die Pumpe *P* pumpt

Fig. 121.



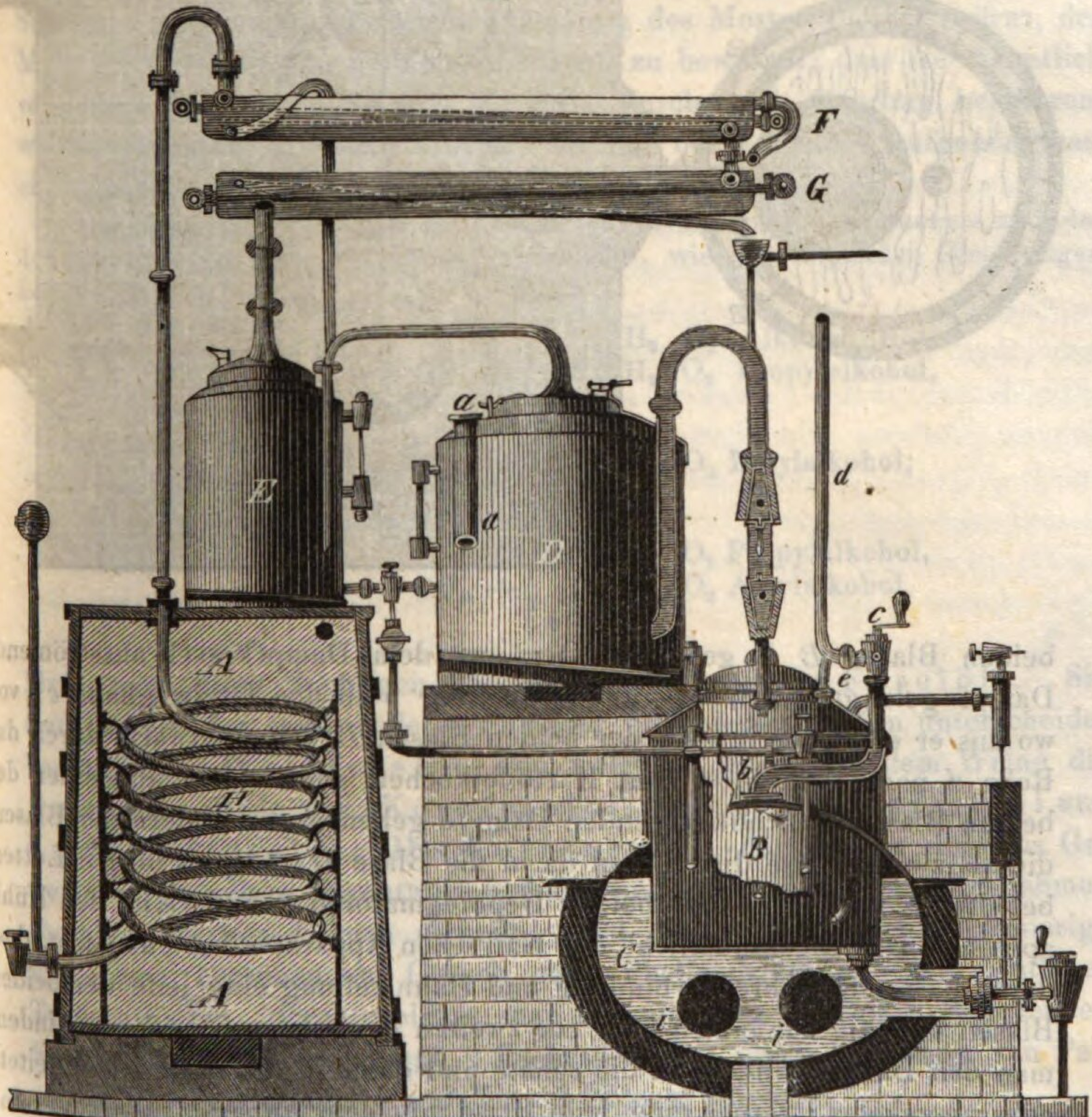
die Maische aus dem Maischbehälter *L* in den Vorwärmer hinauf; aus diesem wird die Maische in die zweite und von da in die erste Blase gelassen, welche sämmtlich einen gleichen Rauminhalt besitzen. Die in der Blase *A* über freiem Feuer gebildeten Dämpfe gehen durch die Maische

der Blase *B*, welche dadurch bis zum Sieden erhitzt wird. Die Blase *B* wirkt demnach als Rectificator. Die Dämpfe treten aus *B* durch den Maischwärmer in den Beckenapparat oder Rectificator, dessen obere Theile Dephlegmatoren sind, und treten endlich in den Kühlapparat zur Verdichtung.

Apparat von Gall.

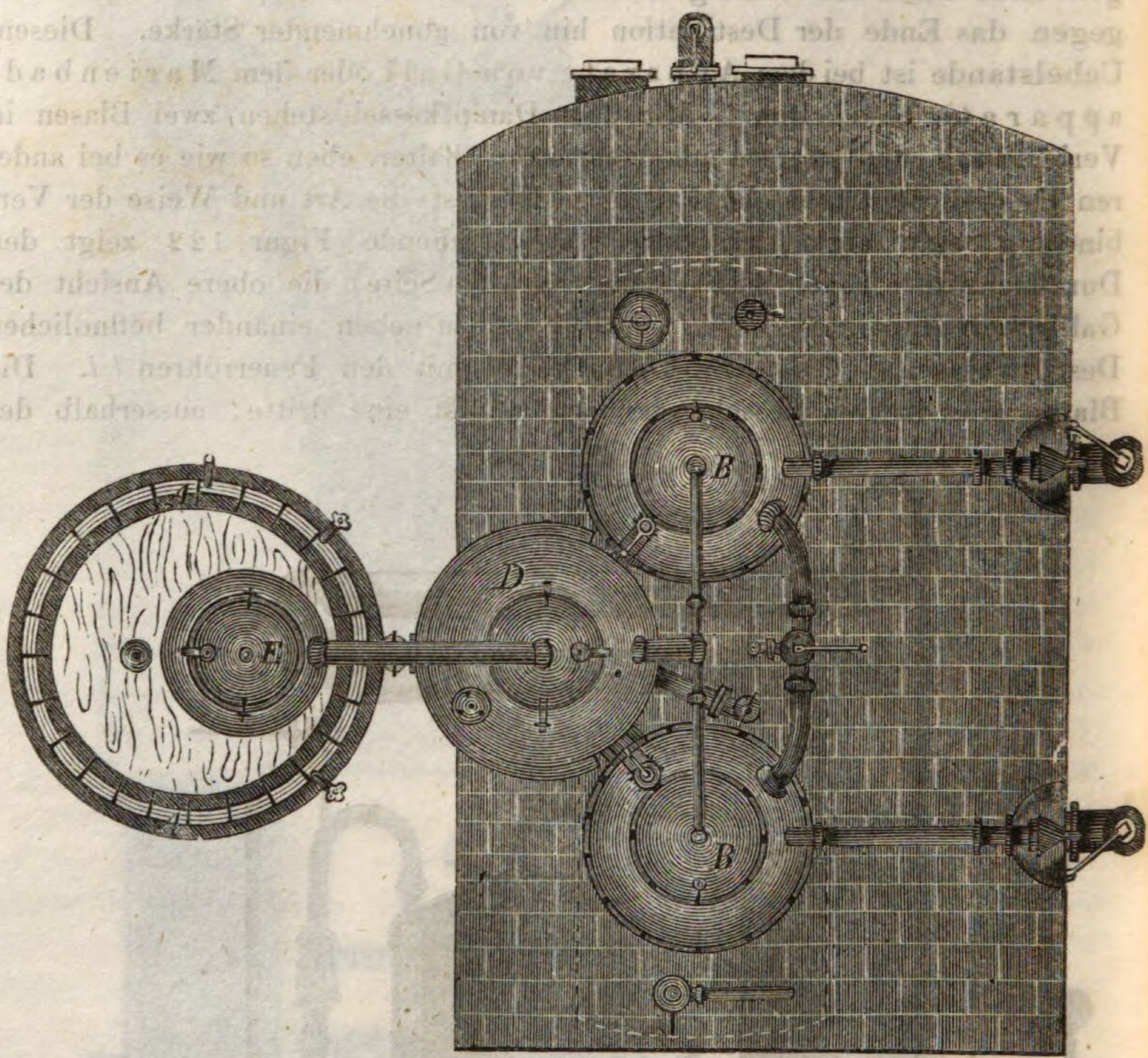
Bei den meisten Apparaten, die zum Destilliren des gegohrenen Gutes Anwendung finden, ist der Lutterdampf von ungleicher, gegen das Ende der Destillation hin von abnehmender Stärke. Diesem Uebelstande ist bei dem Apparate von Gall oder dem Marienbadapparate abgeholfen. Mit dem Dampfkessel stehen zwei Blasen in Verbindung, und letztere mit dem Lutterbehälter, eben so wie es bei anderen Destillirapparaten der Fall ist. Nur ist die Art und Weise der Verbindung eine eigenthümliche. Nebenstehende Figur 122 zeigt den Durchschnitt, Figur 123 (siehe nächste Seite) die obere Ansicht des Gall'schen Apparates. *B B* sind die beiden neben einander befindlichen Destillirblasen. *C* ist der Dampfkessel mit den Feuerröhren *l l*. Die Blasen sind in den Kesseln versenkt. *D* ist eine dritte, ausserhalb des

Fig. 122



Dampfkessels befindliche Blase, *E* der Lutterbehälter (Rectificator), *F* und *G* zwei Dephlegmatoren, *A* das Kühlfass mit dem Kühlrohr *H*. Die Maische wird zuerst durch die Röhre *a a* in die Blase gebracht, welche als Rectificator und Vorwärmer wirkt. Von dieser Blase aus werden die

Fig 123.




beiden Blasen *B B* gefüllt. Der aus dem Dampfkessel ausströmende Dampf gelangt durch das gebogene Rohr *b* in den Dreiweghahn *c*, von wo aus er entweder in eine der beiden Blasen *B*, oder aufwärts durch das Rohr *d* nach dem Fass zum Kartoffelkochen geht. Die aus einer der beiden Blasen *B B* aufsteigenden Dämpfe gehen in die andere der Blasen, die als zweite Blase dient, von da in die Blase *D*, sodann in den Lutterbehälter *E* und durch die beiden Dephlegmatoren *F* und *G* in den Kühlapparat. Das Eigenthümliche des Gall'schen Apparates besteht darin, dass durch passende Röhrenverbindung und Hahnstellung eine jede der beiden Blasen beliebig zur ersten oder zur zweiten gemacht werden kann, indem man den Dampf beliebig in die rechte und dann in die linke Blase leitet, oder umgekehrt; ferner eine jede Blase mit dem Apparat ausser Verbin-

dung gesetzt, geleert und neu beschickt werden kann, während die andere ununterbrochen fungirt. In dem Becken werden die Dämpfe abgekühlt, es schlägt sich vorzugsweise Wasser nieder, das durch ein Rohr zurückfliesst, während die nicht condensirten Alkoholdämpfe erst in dem Kühlapparate flüssig werden. Weil das mit überdestillirende Wasser zum grössten Theile in dem Beckenapparat condensirt wird und zurückfliesst, so erklärt es sich, warum vermittelst des Pistorius'schen Apparates bei Anwendung von zwei Becken Alkohol von 80 pCt., bei Anwendung von drei Becken bis von 92 pCt. erhalten werden kann.

Fuselöl. Bei der geistigen Gährung bilden sich durch die Zersetzung des Zuckers als Hauptproducte Alkohol und Kohlensäure, als Nebenproducte Bernsteinsäure, Milchsäure, etwas Glycerin u. s. w. Unter gewissen, noch nicht festgestellten Bedingungen findet man in der gegohrnen Flüssigkeit Homologe des Alkohols, nämlich Propylalkohol $C_6 H_8 O_2$, Butylalkohol $C_8 H_{10} O_2$ und hauptsächlich Amylalkohol $C_{10} H_{12} O_2$. Diese Producte sind flüchtig, gehen in den Alkohol über und lassen sich von demselben nur ausserordentlich schwierig trennen. Die Gegenwart dieser Substanzen in den Producten der Gährung des Mostes, der Bierwürze, der Maische, der Rübenzuckermelasse scheint zu beweisen, dass sie sämmtlich von einer Umwandelung des Zuckers durch eine Gährung herrühren, welche durch eine eigenthümliche Wirkung der Fermente aufgehört hat, eine geistige zu sein.

Die Beziehung zwischen der Zusammensetzung des Krümelzuckers und der der Alkohole ist übrigens eine sehr einfache, wie aus folgenden Gleichungen hervorgeht:

$$2\,C_{12} H_{12} O_{12} = 8\,CO_2 + \begin{cases} C_4 H_6 O_2 & \text{Alkohol,} \\ 2\,C_6 H_8 O_2 & \text{Propylalkohol,} \\ 2\,HO & \end{cases}$$

$$= 8\,CO_2 + \begin{cases} 2\,C_8 H_{10} O_2 & \text{Butylalkohol,} \\ 4\,HO & \end{cases}$$

$$= 8\,CO_2 + \begin{cases} C_6 H_8 O_2 & \text{Propylalkohol,} \\ C_{10} H_{12} O_2 & \text{Amylalkohol,} \\ 4\,HO. & \end{cases}$$

Man nennt diese flüchtigen Producte im Allgemeinen Fuselöle. Sie sind je nach der angewendeten Substanz verschieden. Man unterscheidet hauptsächlich Weinfuselöl, von welchem schon bei dem Weine die Rede war, Kornfuselöl, Runkelrübenfuselöl und Kartoffelfuselöl.

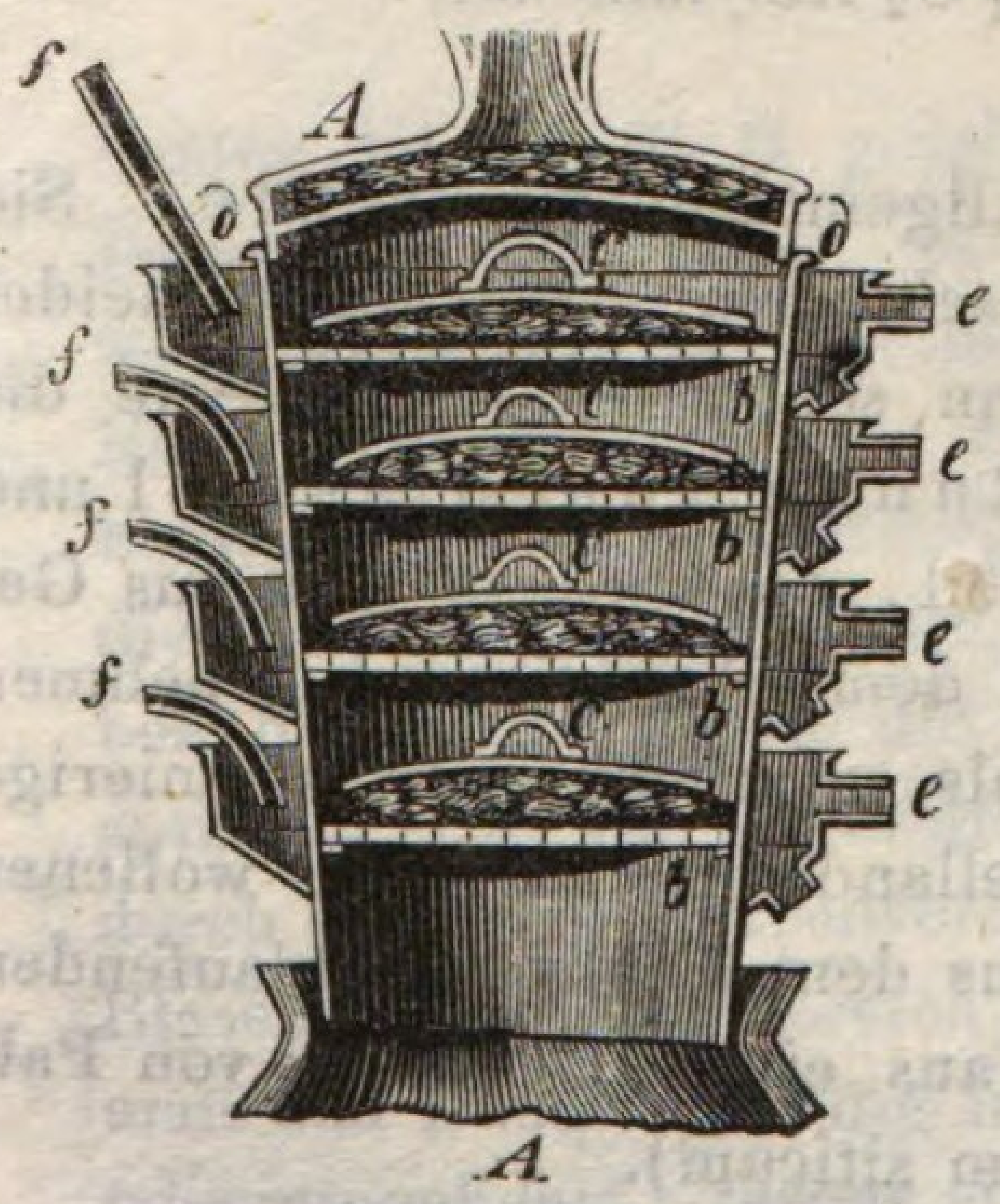
Kornfuselöl. Das Kornfuselöl, das sich in dem aus Getreide dargestellten Branntwein befindet und demselben einen angenehmen charakteristischen Geruch ertheilt, wird als grünlichbraune schmierige Masse von betäubendem Geruch nach Phellandrium auf dem wollenen Tuche erhalten, durch welches man den aus dem Kühlrohre ablaufenden Kornspiritus zu coliren pflegt. Es besteht aus einem Gemenge von Palmitinsäure, Pelargonsäure und Kornöl (Oleum siticum).

Runkelrübenfuselöl. Das Runkelrübenfuselöl ist ein Oel von dicklicher Consistenz, undurchsichtig, von saurer Reaction und penetrantem Geruch. Es enthält Capron- und Caprylsäure, so wie eine Aetherart, deren Bestandtheile noch nicht bekannt sind.

Kartoffelfuselöl. Das Kartoffelfuselöl findet sich in dem Kartoffelalkohol. Obgleich Payen glaubt, dass das Fuselöl schon fertig gebildet in den Kartoffeln vorkomme, ja sogar das Organ ausgemittelt haben will, in welchem sich das Oel befindet, so spricht doch seine Gegenwart in den Gährungsproducten des Rüben- und Traubenzuckers dafür, dass es aus dem Zucker entsteht. Das Kartoffelfuselöl erscheint als farblose, widrig riechende, in Wasser sehr wenig lösliche Flüssigkeit. In Bezug auf seine Zusammensetzung ($C_{10}\ H_{12}\ O_2$), Verbindungen und Zersetzungsproducte hat diese Flüssigkeit, die man auch Amylalkohol nennt, die grösste Aehnlichkeit mit dem Alkohol. Ebenso wie der gewöhnliche Alkohol bei der Oxydation Essigsäure liefert, ebenso entsteht aus dem Kartoffelfuselöl Baldriansäure, dieselbe Substanz, die sich aus dem ätherischen Oele des Baldrians an der Luft, beim Faulen des Fleisches u. s. w. bildet. Auf der theilweisen Oxydation des Fuselöles beruhen viele Entfuselungsmethoden.

Entfuselung. Die Entfuselung hat zum Zweck, den Fuselgeruch des Weingeistes zu entfernen. Eins der bekanntesten und bewährtesten Entfuselungsmittel ist die Destillation des rohen Weingeistes oder Branntweins über ausgeglühtem Kohlenpulver, oder die Flüssigkeit vorher in Fässern mit Holzkohle zu digeriren und dann zu destilliren. Zu diesem Zwecke hat Peters empfohlen, die Fässer auf gewöhnliche Weise zu beschicken, in die Mitte aber eine Schicht von 1 Th. Braunsteinpulver mit 2 Th. Knochenkohle einzuschalten. Ein solches Fass soll 12—15 Monate wirksam bleiben. Bei dem Falkmann'schen Apparat (Fig. 124) ist das Wesentliche ein helmartiges Gefäss *A*, in welchem sich die durchbrochenen Böden *bbbb* eingesetzt befinden; auf einem jeden Boden befindet sich eine Schicht Kohlen, die mit einem Deckel *c* bedeckt ist. Das Ganze ist oben mit einem Hut geschlossen, der die Kohlenschicht *dd* enthält. Der um das Gefäss *A* auswendig herumlaufende Kühlapparat, der in der Zeichnung durch die Zuflussröhren *ffff* und die Abflussröhren *eeee* angedeutet ist, dient dazu, die Temperatur der Kohlenschichten zu reguliren. Hierbei ist zu bemerken, dass man nur Branntwein, nicht aber stärkeren Weingeist entfu-

Fig. 124.



seln kann, da starker Weingeist sogar der zum Entfuseln verwendeten Kohle das Fuselöl wieder entzieht. Andere Entfuselungsmittel, wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorkalk, Kupferoxydhydrat, chromsaures Kali, übermangansaures Kali u. dergl., sind nicht zu empfehlen, weil sie zum Theil das Fuselöl nicht zerstören, theils aber auch zersetzend auf den Alkohol wirken, wodurch ein Aether entsteht, der den Fuselgeruch nur verdeckt. Man empfiehlt auch, den Branntwein, behufs der Entfuselung, über weisses Wachs oder über fettes Oel zu rectificiren.

Ertrag an Branntwein. Mit Berücksichtigung der verschiedenen Güte der Materialien kann man folgenden Ertrag an Branntwein als einen recht guten annehmen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 Pfund | Weizen | liefern | 21,5 | Mss. Branntwein | = 1075 | pCt. Alkohol. |
| „ „ | Roggen | „ | 20 | „ „ | „ 1000 | „ „ |
| „ „ | Gerste | „ | 19,5 | „ „ | „ 975 | „ „ |
| „ „ | Gerstenmalz | „ | 24 | „ „ | „ 1200 | „ „ |
| „ „ | Kartoffeln | „ | 8 | „ „ | „ 400 | „ „ |

6 Maass oder Quart Branntwein zu 50° Tralles vom Scheffel nennt man 6 $\times$ 50 = 300 pCt. Alkohol, 7 Maass mithin 350, 8 Maass 400, 8 Maass á 48 pCt. Tralles 384 pCt. Alkohol etc. Die Maasszahl des Branntweins ist mit dem Alkoholgehalte desselben in Procenten nach Tralles zu multipliciren*).

Darstellung von absolutem Alkohol. Der Alkohol hält die letzten Antheile Wasser so hartnäckig zurück, dass dieselben direct durch Destillation nicht entfernt werden können. Wohl aber lässt sich das Wasser abscheiden, wenn man einen Körper zu dem wasserhaltigen Alkohol setzt, der zu dem Wasser mehr Verwandtschaft als Letzteres zum Alkohol hat. Solche Körper sind Aetzkalk, geschmolzenes Chlorcalcium u. s. w. Man digerirt diese Körper mit dem Alkohol (auf 1 Liter Alkohol nimmt man $1^1/_2$ Pfund Kalk) und destillirt darauf ab. Die absolute Abwesenheit von Wasser erkennt man daran, dass einige Tropfen des Alkohols wasserfreies schwefelsaures Kupferoxyd unverändert weiss lassen; die geringste Menge Wasser verräth sich durch sogleich eintretende Bläuung.

Eigenschaften des Alkohols und Anwendung desselben. Der Alkohol $C_4H_6O_2$, Weingeist, Spiritus, Sprit, erscheint im wasserfreien Zustande als eine farblose, angenehm geistig riechende Flüssigkeit, die leicht verdunstet, mit Wasser vermischt sich verdichtet und Wärme entwickelt. Sein spec. Gewicht = 0,794; sein Siedepunkt = 78°. Die Verwandtschaft des Alkohols zum Wasser ist so gross, dass er nicht nur aus der Luft Wasser anzieht, sondern dasselbe auch aus thierischen und vegetabilischen Geweben aufnimmt.

---

*) Es ist hierbei Maass (bayerisch) und Quart (preussisch) für gleichgross angenommen worden. In der That ist aber ein Maass = 1,069 und ein Quart = 1,145 Liter.

Darauf beruht, innerlich genommen, seine giftige Wirkung und seine Anwendung zur Aufbewahrung anatomischer Präparate. Der absolute Alkohol findet selten in der Technik Anwendung. Als sogenannter Spiritus dient er zur Darstellung von Liqueuren, Parfümerien, von Aether, zum Auflösen von Harzen (Lacke, Tincturen), zur Schnellessigfabrikation, als Brennmaterial, so wie zur Darstellung vieler chemischer und pharmaceutischer Präparate.

Alkoholometrie. Um den Alkoholgehalt des Branntweins oder irgend einer destillirten alkoholhaltigen Flüssigkeit zu ermitteln, die jedoch keine anderen wesentlichen Bestandtheile, als Alkohol und Wasser enthalten, Aräometer. bedient man sich der Aräometer, Alkoholometer, Spiritus-, Branntwein- oder Senkwagen. Das Vaporimeter von Geissler (vergl. Seite 419) findet in der Alkoholometrie seltener Anwendung. Die Anwendung der Aräometer beruht auf dem Principe, dass ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper ein dem seinigen gleiches Volumen Wasser verdrängt und von seinem Gewichte eben so viel verliert, als die verdrängte Wassermasse wiegt. Je nachdem nun die das Aräometer bildende Spindel mehr oder weniger tief in die Flüssigkeit einsinkt, erfährt man das spec. Gewicht derselben. — Die Aräometer von Tralles und Richter sind die gebräuchlichsten. Mit Letzterem stimmt das von Stoppani überein. Beide sind Procentenaräometer, d. h. sie geben durch die Zahl, bis zu welcher sie einsinken, an, wie viel der untersuchte Alkohol in 100 Th. reinen Alkohol enthält. Die Differenz beider rührt aber davon her, dass das Aräometer von Tralles Volumenprocente, das von Richter Gewichtsprocente angiebt. Da die Eintheilung des Richter'schen Aräometers auf nicht ganz richtigen Voraussetzungen beruht, so ist das von Tralles vorzuziehen. Folgende Tabelle giebt eine Vergleichung der beiden Skalen unter einander und mit den wahren Gewichtsprocenten, mit dem entsprechenden spec. Gewichte, bei einer Temperatur von 15°.

| Spec. Gewicht. | Wahre Gewichtsproc. | Angebliche Gewichtsproc. nach Richter. | Volumenprocente nach Tralles. |
|---|---|---|---|
| 0,990 | 4,99 | 5 | 6,23 |
| 0,981 | 11,11 | 10 | 13,73 |
| 0,972 | 18,12 | 15 | 22,20 |
| 0,964 | 24,83 | 20 | 30,16 |
| 0,956 | 29,82 | 25 | 36,50 |
| 0,947 | 35,29 | 30 | 42,12 |
| 0,937 | 40,66 | 35 | 48,00 |
| 0,926 | 46,00 | 40 | 53,66 |
| 0,915 | 51,02 | 45 | 58,82 |
| 0,906 | 54,85 | 50 | 62,65 |
| 0,899 | 60,34 | 55 | 67,96 |
| 0,883 | 64,79 | 60 | 72,12 |
| 0,872 | 99,79 | 65 | 76,66 |

| Spec. Gewicht. | Wahre Gewichtsproc. | Angebliche Gewichtsproc. nach Richter. | Volumenprocente nach Traller. |
|---|---|---|---|
| 0,862 | 74,66 | 70 | 80,36 |
| 0,850 | 78,81 | 75 | 84,43 |
| 0,838 | 83,72 | 80 | 88,34 |
| 0,827 | 88,36 | 85 | 91,85 |
| 0,815 | 92,54 | 90 | 95,05 |
| 0,805 | 96,77 | 95 | 97,55 |
| 0,795 | 99,60 | 100 | 99,75 |

Die bei uns allgemein gebräuchlichen Alkoholometer sind genaue Volumenprocentalkoholometer und geben an, wie viel Volumen (Maasse) Alkohol in 100 Volumen der alkoholischen Flüssigkeit enthalten sind. Branntwein von 50° Tralles ist also Branntwein, welcher in 100 Liter 50 Liter Alkohol enthält, oder aus welchem von 100 Liter 50 Liter Alkohol erhalten werden können. Zieht man in Betracht, dass beim Mischen von Alkohol und Wasser beträchtliche Verdichtung und Volumenverminderung stattfindet, dass 50 Liter Alkohol und 50 Liter Wasser nur 96,377 Liter Mischung geben, so ergiebt sich, dass 100 Liter einer solchen Mischung nicht 50, sondern 51,88 Liter Alkohol enthalten.

Rum. Indem man gewisse zuckerhaltige Stoffe gähren lässt, die während der Gährung ausser dem Alkohol eigenthümliche, aber angenehm riechende Fuselöle bilden, erhält man Rum, Cognac, Arak u. s. w. Der Rum oder Taffia (auch Guildive genannt) wird auf dem Antillen, namentlich auf Jamaika und in Ostindien durch Gährung des Zuckerrohrsaftes, der Zuckerrohrabfälle und besonders der Melasse, und durch Abdestilliren des Alkohols dargestellt. Die zuerst bei der Destillation übergehenden Theile enthalten das eigenthümliche Aroma des Rums. Die zuletzt übergehenden Antheile werden der Rectification unterworfen. Die Melasse liefert den feinsten Rum. Durch Gährung des bei der Rohrzuckergewinnung abfallenden Zuckerschaumes erhält man einen brenzlichen, scharfsauren Branntwein, der gewöhnlich den Negern gegeben und Negerrum genannt wird. In England und Deutschland fabricirt man viel ordinären Rum, common rhum oder melasses spirit, indem man verdünnten Syrup der Zuckersiedereien mit Hefe hinstellt und nach 3—4 Tagen die gegohrene Flüssigkeit destillirt. Wegen des bei der Gährung der Rübenzuckermelasse sich bildenden Runkelrübenfuselöles kann diese Substanz nicht zur Rumfabrikation angewendet werden. Das dem Rum eigenthümliche Aroma rührt von einer kleinen Menge Pelargonäther her. Künstlichen Rum stellt man häufig aus Getreide- und Kartoffelalkohol, welcher mit etwas Ameisenäther oder Butteräther, Zimmttinctur und mit Russtinctur (Tinctura fuliginis der Pharmaceuten) oder mit etwas Juftenledertinctur versetzt worden und mit gebranntem Zucker gefärbt ist. Der Rum enthält gewöhnlich 47,77 Volumenprocente Alkohol.

Cognac. Der Cognac oder Franzbranntwein wird durch Destillation des Weins, der Weinhefen und der Weintrebern erhalten. Der aus dem Cognac erhaltene Alkohol führt den Namen Sprit (Esprit de vin). Er ist blassgelb, reagirt im Falle eines geringen Gehaltes an Essigsäure

sauer und besitzt einen eigenthümlichen zusammenziehenden Geschmack, welchen er durch eichene Fässer erhält, in welchen er aus Frankreich verschickt wird. Der Cognac wird häufig vermittelst entfuselten Kartoffelalkohols, zu welchem man etwas Essigäther und Eichenrindentinctur setzt und den man durch etwas gebrannten Zucker färbt, nachgemacht. Das jetzt im Handel vorkommende Cognacöl (Huile de marc) dient auch zur Fabrikation von künstlichem Cognac.

Arak, Arsa u. s. w. Als andere Branntweinsorten sind noch anzuführen der Arak, der Toddy, der aus dem Zuckersafte der Blüthenkolben der Cocospalme und Dattelpalme unter Zusatz von Zucker, Reis und Palmbaumrinde zu Goa an der Wüste Malabar und auf Java gewonnen wird, der Parriah-Arak, welchem der Saft von indischem Hanf (der überhaupt unter dem Namen Haschisch im ganzen Oriente als Betäubungsmittel im Gebrauche ist) und einer Datura-Art beigemengt ist; das aus Kirschen hauptsächlich im Schwarzwalde, bereitete Kirschwasser, und endlich die aus der Pferdemilch erhaltene Arsa. Bei der Darstellung der Letzteren wird der in der Milch enthaltene Milchzucker durch die Einwirkung einer kleinen Menge durch das Sauerwerden der Milch erzeugter Milchsäure in Krümelzucker übergeführt, der dann durch die Gährung und Destillation einen Branntwein liefert, der Araca genannt wird. Bei nochmaliger Destillation erhält man die Arsa. Die undestillirte Flüssigkeit wird von den Tartaren Kumys, von den Kalmücken Tschigan genannt.

Aether. Aether, $C_4 H_5 O$. Aus dem Alkohol stellt man den Aether dar, der auch fälschlich Schwefeläther genannt wird, weil man zu seiner Bereitung Schwefelsäure anwendet. Der reine Aether erscheint als farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von eigenthümlichem, durchdringendem Geruch und Geschmack, siedet bei 35°, verdunstet schon bei gewöhnlicher Temperatur schnell und bewirkt dadurch bedeutende Temperaturerniedrigung. Man mengt 5 Th. Alkohol mit 3 Th. concentrirter Schwefelsäure vorsichtig mit einander und bringt das Gemenge in eine tubulirte Retorte, die höchstens zur Hälfte damit angefüllt sein darf. Mittelst eines durchbohrten Korkes führt man durch den Tubulus der Retorte eine gebogene Glasröhre, die mit dem Hahne eines Behälters, der mit Alkohol angefüllt ist, in Verbindung steht. Nachdem die Retorte in eine passende Feuerung gestellt und eine Vorlage, durch deren Tubulus eine gebogene Glasröhre in ein Gefäss mit Wasser führt, vorgelegt worden ist, bringt man durch allmälig verstärktes Feuer den Inhalt der Retorte ins Sieden und lässt in dem Verhältnisse, als in die Vorlage Aether und Wasser übergeht, Alkohol aus dem Behälter in die Retorte nachfliessen, bis ungefähr 40 Theile übergegangen sind. Das aus Aether und Wasser bestehende Destillat wird mit Kalkmilch geschüttelt und über Chlorcalcium rectificirt. Der Aether ist mit Alkohol in jedem Verhältnisse mischbar; ein Gemenge von 1 Th. Aether mit

(Randnotizen: Darstellung des Aethers. — Anwendung des Aethers.)

3 Th. Alkohol bildet Hofmann's Liquor. 1 Th. Aether löst sich in 9 Th. Wasser. Der Aether löst Phosphor, Kautschuk auf; seine technische Anwendung ist eine sehr beschränkte.

Chloroform. Das Chloroform, $C_2$ H $Cl_3$, das in der neueren Zeit so vielfache Anwendung als Betäubungsmittel gefunden hat, ist eine durchsichtige, farblose Flüssigkeit, die angenehm ätherisch riecht, sich in Alkohol und Aether in allen Verhältnissen, wenig aber nur in Wasser löst. Man stellt es dar, indem man 1 Th. Chlorkalk mit 3 Th. Wasser und $^1/_8$ Th. Alkohol destillirt, das aus zwei Schichten bestehende Destillat vermittelst einer Pipette trennt und das erhaltene Chloroform durch Destillation über Schwefelsäure entwässert. Hinsichtlich der Zusammensetzung des Chloroforms ist anzuführen, dass es der Ameisensäure analog zusammengesetzt ist, nur enthält es den Sauerstoff ersetzt durch Chlor.

## Die Bäckerei.

Bäckerei. Das Backen des Brotes hat zum Zweck, einen durch Gase aufgetriebenen, porösen Mehlteig schnell zu trocknen, und dadurch das Mehl in einen Zustand zu versetzen, in welchem es am leichtesten verdaut wird. Das Auftreiben des Mehlteiges geschieht dadurch, dass man einen sehr geringen Theil der Stärke des Mehls in Krümelzucker überführt und denselben gähren lässt. Die sich bei der Gährung entwickelnde Kohlensäure sucht zu entweichen, wird aber daran durch die Zähigkeit des Mehlteiges verhindert. Der nebenbei erzeugte Alkohol kommt nicht in Betracht. Die Bäckerei zerfällt in 5 Hauptoperationen, nämlich:

1) in das Anmachen des Teiges,
2) in das Kneten,
3) in das Aufgehenlassen,
4) in das Formen und
5) in das eigentliche Backen.

Mehl. Unter Mehl versteht man im engeren Sinne das in den Mühlen durch Zermahlen der Getreidekörner erhaltene, und von den Hüllen, der Kleie, befreite Pulver. Das Getreidemehl, gleichviel von welcher Getreideart, zeigt hinsichtlich der Bestandtheile eine wesentliche Uebereinstimmung. Es enthält: Stärkemehl, den sogenannten Kleber (eine stickstoffhaltige Substanz, welche wiederum aus Casein, Fibrin, Mucin und Fett besteht), einen eiweissartigen Körper, Krümelzucker und Dextrin, Salze der Alkalien und alkalischen Erden, Wasser, Hülsen oder Kleie. Nach Millon's Versuchen besteht die Kleie in 100 Theilen aus

| | |
|---|---|
| Stärkemehl, Dextrin und Krümelzucker | 54,0 |
| Kleber . . . . . . . . . . | 14,9 |
| Fett . . . . . . . . . . . | 3,6 |
| Holzfaser . . . . . . . . . | 9,7 |
| Salze . . . . . . . . . . . | 0,5 |
| Incrustirender und riechender Substanz | 3,4 |
| Wasser . . . . . . . . . . | 13,9 |

Die Quantität der Kleie ist von der mehr oder minder sorgsamen Bereitung des Mehls abhängig, sie beträgt 5, 10, selbst 25 pCt. Durch die Abscheidung der Kleie wird der Nahrungswerth des Getreides weit mehr verringert, als er durch die Entfernung der Holzfaser vermehrt wird; es entsteht daraus eine Anforderung der Oekonomie, zu gewissen Zwecken die Beutelung des Mehles gänzlich zu unterdrücken.

Das feinste Mehl ist von mattweisser Farbe, fühlt sich sanft und etwas fettig an, enthält in lufttrocknem Zustande 12—18 pCt. Wasser, und giebt mit der Hälfte seines Gewichts Wasser zusammengeknetet, einen sehr elastischen, gleichmässigen Teig. Trocknes Mehl lässt sich an einem trocknen Orte lange Zeit unverändert aufbewahren; feuchtes Mehl oder auch trocknes an einem feuchten Ort aufbewahrt, erwärmt sich, bildet Klümpchen und wird übelriechend und sauer. Es scheint hierbei, als ob unter Mitwirkung des Sauerstoffs sich zuerst der Kleber verändere, ferner ein Theil des Stärkmehls in Zucker und Milchsäure übergehe. Unter dem Einflusse von Feuchtigkeit entwickeln sich endlich Pilze, deren Sporen sogar die Verderbniss auf das Brot übertragen können. In Folge seiner Bereitung ist das Mehl stets durch abgeriebenen Steinstaub verunreinigt; die Menge desselben beträgt bis zu 3 Theilen in 10000 Theilen Mehl.

Es folgen hier einige Analysen von Mehl verschiedener Getreidearten:

| | Weizen | Roggen | Gerste | Hafer | Reis |
|---|---|---|---|---|---|
| Stärkmehl | 71,49 | 61,07 | 72,00 | 60 | 85,0 |
| Kleber | 10,96 | 9,48 | 3,66 | 2 | 3,6 |
| Zucker, Dextrin | 8,04 | 14,37 | 10,60 | 13 | 1,0 |
| Wasser | 10,00 | Eiweiss 3,28 | 1,23 | 0,2 | Fett 0,1 |
| Faser | — | 6,38 | 6,80 | 13 | 4,8 |
| Unorganische Salze u. Verlust | | 5,62 | 2,50 | 0,02 | 5,5 |
| | — | | Wasser 10,00 | 11 | — |

Das Getreidemehl erfährt mannigfaltige Verfälschungen. Am häufigsten findet eine Verfälschung theurerer Mehlsorten mit geringeren oder mit Kartoffelstärke statt, seltener mit unorganischen Stoffen. Eine Verfälschung mit Kartoffelstärke erkennt man, indem man die, nach dem Auswaschen des Klebers aus dem Teig des zu prüfenden Mehls gewonnene, milchige Flüssigkeit durch ein Seidensieb in ein spitzkegelförmiges Glas giesst und einige Zeit stehen lässt. Die Kartoffelstärke fällt zuerst und concentrirt sich in der Spitze. Man bringt dieselbe auf ein Uhrglas, übergiesst sie mit Kalilösung von 1,75 pCt. und beobachtet unter dem Mikroskop. Die Kartoffelstärkekörner quellen aufs Sechsfache ihres Volumens auf und bilden eine Gallerte, während die Weizenstärke unverändert bleibt.

Eine Verfälschung mit Buchweizenmehl wird an der eckigen Form der Buchweizenstärke erkannt. Mais- und Reisstärkemehl hat zwar die-

selbe Form, sie ist indess zugleich halbdurchsichtig und dadurch von der des Buchweizens zu unterscheiden.

Die Verfälschung des Mehls mit gemahlenen Hülsenfrüchten characterisirt sich dadurch, dass unter dem Mikroskop immer Fragmente von Zellgewebe bemerkt werden, die sich durch die netzförmige Structur mit sechseckigen Maschen leicht verrathen, wenn man das verfälschte Mehl mit Kalilauge von 10—12 pCt. befeuchtet auf den Objectivträger bringt. Das Bohnen- und Wickenmehl hat ferner die Eigenthümlichkeit, dass es durch eine aufeinanderfolgende Behandlung mit Salpetersäurehydrat und Ammoniakdämpfen eine purpurrothe Farbe annimmt. Ein Zusatz von 4 pCt. von Bohnen- oder Wickenmehl lässt sich noch auf diese Weise erkennen. Das Mehl der kleinen weissen Bohnen verräth sich in Folge eines geringen Gehaltes an eisengrünendem Gerbstoffe, insofern das Mehl, mit einer Eisenvitriollösung befeuchtet, eine grünliche Färbung annimmt. Eine Beimischung von Leinmehl, die besonders in Flandern häufig vorkommt, lässt sich nicht gut durch den Gehalt an Leinsamenschleim, wohl aber auf folgende Art nachweisen: 14procentige Kalilösung zeigt, mit Leinmehl zusammengebracht, kleine, regelmässige, glasige und rothgefärbte Fragmente, welche von der Umhüllung des Kornes herrühren; durch dieses Mittel lässt sich noch eine Beimengung von 1 pCt. Leinmehl nachweisen.

Verfälschung des Mehles mit unorganischen Substanzen, wie mit Gyps, Knochenerde, Kreide, Thon kommen auch zuweilen vor. Diese Verfälschung lässt sich leicht durch Zunahme des Aschengehaltes des Mehles (der bei Roggen- und Weizenmehl höchstens 1,5 pCt. beträgt) erkennen.

Anmachen des Mehls. Das Anmachen des Mehls mit Wasser zu einem Teige ist die erste Manipulation beim Backen. Das Anmachen hat zum Zweck, das Dextrin, den Krümelzucker (deren Menge während des Anmachens durch die Einwirkung des Klebers auf das Stärkmehl vermehrt wird), einige eiweissartige Körper aufzulösen und in aufgelöstem Zustande die unlöslichen Bestandtheile des Mehls, die Stärke, das Fibrin und den Kleber zu durchdringen und aufzulockern. Wollte man das Mehl nur mit Wasser anmachen, so würde man eine Masse erhalten, die nach dem Backen eine derbe, hornartige, unverdauliche Masse giebt. Man setzt deshalb ein Gährungsmittel und zwar bei der Schwarzbrotbäckerei Sauerteig, für feinere Gebäcke Hefe (Presshefe), hinzu.

Sauerteig. Der Sauerteig ist derjenige Theil des in Gährung begriffenen Teiges, der bis zum nächsten Backen aufgehoben ist; er besteht aus einem Gemenge von Mehl und Wasser, in welchem die Stärke unter dem Einflusse der in Fermente umgewandelten eiweissartigen Substanzen, zum Theil in Krümelzucker und als solcher in die geistige Gährung, zum grössten Theil aber in die Milchsäuregährung übergegangen ist. Bei einer in dem Leipziger Universitätslaboratorium ausgeführten

Untersuchung fanden sich in dem Sauerteig von Säuren die Essigsäure, die Milchsäure und die Propionsäure. Der Sauerteig wirkt in dem Teige gährungsfortpflanzend und auf dieselbe Weise, wie gährende Würze unter frischer Würze, d. h. wie Hefe. Auf 100 Th. Mehl rechnet man 4 Th. Sauerteig oder 2 Th. Hefe.

Kneten des Teiges. Das Kneten geschieht in dem Backtroge, entweder mit den Händen oder mit einer Knetmaschine, bis keine Klümpchen mehr wahrgenommen werden und der Teig gleichmässig geworden ist. Nach vollendetem Kneten bestreut man den dünnen Brei mit Mehl und lässt ihn an einem warmen Orte mehrere Stunden lang zugedeckt stehen. Wenn

Das Aufgehen. der Teig gehörig aufgegangen ist, so erfolgt das Formen

Das Formen. oder Auswirken, d. h. man bringt den Teig in die gebräuchliche Form von Brot u. s. w. und lässt die geformten Brote noch einige Zeit mit Mehl bestreut gähren, ehe man sie in den Ofen bringt. Da während des Backens die Brote durch Verdampfen des Wassers beträchtlich an Gewicht verlieren, das Gewicht des Brotes durch die Behörde aber vorgeschrieben ist, so muss man so viel Teig mehr nehmen. Das Gewicht des Teiges, welches zu einem Brote von bestimmtem Gewichte genommen werden muss, ist nach der Grösse des Brotes verschieden und zwar im Verhältniss um so grösser, je kleiner das Brot ist. Je nach der Grösse des Brotes verliert der Teig beim Backen 10 pCt. am Gewichte. Der Grund davon liegt darin, dass je kleiner das Brot ist, es desto mehr Kruste hat im Verhältniss zur Krume, dass ferner die Kruste weniger Feuchtigkeit enthält als die Krume. Nach von Fehling wurden erhalten

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| aus | 6 | Pfund | 24 | Loth | Teig | 5 | Pfund | 30 | Loth | bis | 6 | Pfund | — | Loth | Brot. |
| „ | 3 | „ | 12 | „ | „ | 2 | „ | 29 | „ | „ | 2 | „ | 31 | „ | „ |
| „ | 1 | „ | 22 | „ | „ | 1 | „ | 12 | „ | „ | 1 | „ | 14 | „ | „ |
| „ | 1 | „ | 4 | „ | „ | — | „ | 28 | „ | „ | — | „ | 30 | „ | „ |

Gut ausgebackenes Weissbrot enthält nach v. Fehling in der Krume 45 pCt. Wasser, Schwarzbrot 48 pCt. Enthält die Krume mehr Feuchtigkeit, so ist das Brot wässerig. Die Kruste enthält 9—10 pCt. Wasser und macht etwa $^1/_6$ vom Gewicht des Brotes aus.

Um veränderten Kleber im Mehl wieder unlöslich und wasserbindend zu machen, empfiehlt v. Liebig auf 100 Pfd. Mehl 26—27 Pfd. kaltgesättigtes Kalkwasser und die zur Teigbildung ferner nothwendige Menge gewöhnlichen Wassers zu nehmen. Man erhält so ein säurefeies, wohlschmeckendes Brot, und die Ausgiebigkeit des Mehls an Brot wird bei diesem Verfahren in Folge stärkerer Wasserverbindung vermehrt. (19 Pfd. Mehl gaben ohne Kalkwasser selten über $24^1/_2$ Pfd. Brot, mit 5 Pfd. Kalkwasser verbacken 26 Pfd. 12 Loth bis 26 Pfd. 20 Loth gut ausgebackenes Brot).

Das Backen. Ehe man die Brote in den Backofen bringt, bestreicht man sie mit Wasser, dadurch erzeugt sich auf der Oberfläche aus der

Stärke Dextrin, welches die Kruste (die Rinde) bildet, das Aufspringen des Brotes verhütet, und indem sich eine kleine Menge in Wasser löst, die nach dem Verdunsten des Wassers auf der Oberfläche zurückbleibt, dem Brote ein gefälliges glänzendes Ansehen ertheilt. Der Backofen ist gewöhnlich rund und hat einen mit Ziegeln belegten Herd. Ausser der Thüre ist noch ein besonderes $1\frac{1}{2}$ Fuss langes und 9 Zoll hohes Mundloch, und in der Nähe derselben eine Leuchtröhre vorhanden, um dadurch mittelst eines brennenden Kienspanes in den Ofen hinein leuchten zu können. Der Ofen wird mit Holz geheizt. Ist derselbe heiss genug, so zieht man die Kohlen nach der Mündung hin und schafft sie nebst der Asche mit Krücken sorgfältig heraus. Die Temperatur des Ofens beträgt 150—180°. Das Einschieben der Brote in den Ofen geschieht auf hölzernen Schiebern. Nach dem Einschieben werden alle Oeffnungen des Ofens verschlossen. Die Dauer des Backens richtet sich nach der Grösse der Brote. Grosse Brote bleiben $\frac{1}{2}$ Stunde, Semmeln oder Wecken $\frac{1}{4}$ Stunde in dem Ofen. Die herausgenommenen Brote müssen langsam abgekühlt werden. — Anstatt der Feuerung mit Holz wendet man auch die mit Steinkohlen an, die dazu passenden Ofen haben, da die Steinkohlen ohne Rost nicht brennen, einen Herd mit Rost, oder sie haben, wie es in England gebräuchlich ist, eine Feuerung mit Rost zur Seite, auf der die Kohlen brennen.

Gewinnung des bei der Bäckerei erzeugten Alkohols.

Man hat versucht, den bei der Brotgährung erzeugten Alkohol, der während des Backens dampfförmig entweicht, in eigenthümlich construirten Backöfen zu verdichten. Alle Versuche sind aber gescheitert, da die Kosten der Verdichtung zu bedeutend sind.

Surrogate für die Brotgährung.

Da das Aufgehen des Brotes auf Kosten eines Theiles der Stärke geschieht, die sich erst in Krümelzucker und dann in Kohlensäure und Alkohol verwandelt, so hat man versucht, die Gährung zu umgehen und dem Teig Substanzen zuzusetzen, welche Kohlensäure entwickeln. Man hat hierzu vorgeschlagen doppelt kohlensaures Natron und Salzsäure, doppelt kohlensaures Ammoniak für sich und mit Weinsäure, Alaun und kohlensaures Ammoniak. Im ersteren Falle bildet sich Kochsalz und Kohlensäure ($NaO, 2\,CO_2 + Cl\,H = Na\,Cl + 2\,CO_2 + HO$), im zweiten weinsaures Ammoniak und Kohlensäure, im dritten Thonerde, schwefelsaures Ammoniak und Kohlensäure ($Al_2\,O_3, 3\,SO_3 + NH_4\,O, SO_3) + 3\,NH_4\,O, CO_2 = Al_2\,O_3 + 4\,NH_4\,O, SO_3 + 3\,CO_2$. Alle diese Methoden haben den Nachtheil, dass die Kohlensäureentwickelung zu plötzlich stattfindet, am besten dürfte noch die letzterwähnte Methode sein, wenn nicht die in dem Brote zurückbleibende Thonerde ihre Anwendung untersagte. Die Anwendung eines Ammoniaksalzes zur Kohlensäureentwickelung ist insofern nicht anzurathen, als das Ammoniak nur schwierig vollständig verjagt werden kann und dem Brote einen üblen Nachgeschmack ertheilt. Ein leichter Teig lässt sich durch Rum, selbst durch Wasserdämpfe heben. Lebkuchen (Honigkuchen,

Pfefferkuchen), die aus Mehl, Honig, Gewürz angefertigt werden, lässt man durch Soda oder Potasche aufgehen.

Zusammensetzung des Brotes. Das Mehl der Getreidearten enthält im lufttrocknen Zustande 12—16 pCt. Wasser, während seiner Umwandelung zu Brot nimmt es aber noch grosse Mengen von Wasser auf. 100 Pfund feinen Weizenmehls verbinden sich mit 50 Pfund Wasser und geben 150 Pfund Brot. Die Zusammensetzung des Mehls und Brotes ist daher folgende:

| | Weizenmehl. | Weizenbrot. |
|---|---|---|
| Trocknes Mehl | 84 | 84 |
| Ursprüngliches Wasser | 16 | 16 |
| Hinzugesetztes Wasser | — | 50 |
| | 100 | 150. |

Nach Heeren geben 100 Pfd. Weizenmehl wenigstens 125—126 Pfd. Brot, 100 Pfd. Roggenmehl 131 Pfd. Brot.

Neugebackenes Brot besitzt, wie allbekannt, eine eigenthümliche Weichheit und Zähigkeit; nach einigen Tagen verliert es diese Weichheit und wird krümelnd und anscheinend trocken und heisst in diesem Zustande altbacken. Meist ist man der Ansicht, dass diese Veränderung in der Abnahme des Wassergehaltes ihren Grund habe. Dies ist aber unrichtig, da nach Versuchen von Boussingault altbackenes Brot eben so viel Wasser als frisches enthält. Die Veränderung besteht allein in einem besonderen Molecularzustand des Brotes, welcher bei dem Altbackenwerden eintritt.

Verunreinigung des Brotes. Wenn das zur Brotfabrikation angewendete Mehl verdorben ist, so ist der Kleber verändert und erweicht; die bei dem Gähren des Teiges sich entwickelnde Kohlensäure lockert daher den Teig nicht auf, sondern entweicht. Das daraus entstehende Brot ist mithin derb und weniger weiss. Um diesem Uebelstande zu begegnen und schlechtes Mehl zur Erzeugung eines anscheinend guten Brotes anzuwenden, pflegen die Bäcker Belgiens und des nördlichen Frankreichs dem Teig eine kleine Menge schwefelsaures Kupferoxyd ($^1/_{15000}$—$^1/_{30000}$) zuzusetzen, dessen Base sich mit dem Kleber zu einer unlöslichen Verbindung verbindet, wodurch der Teig zähe und weiss wird, und die Eigenschaft erhält, eine grössere Menge Wasser aufzunehmen. Um diese schädliche Beimengung nachzuweisen, wird eine Portion des verdächtigen Brotes getrocknet und durch Verbrennen eingeäschert; in der zurückbleibenden Asche lässt sich durch Abschlämmen das Kupfer leicht nachweisen. In England setzt man allgemein dem Mehl beim Brotbacken etwas Alaun zu. In Deutschland, wo der Zusatz von schwefelsaurem Kupferoxyd und Alaun (0,1 pCt.) von der Behörde untersagt ist, bewahrt man in einigen Gegenden den Sauerteig in kupfernen Trögen auf, wodurch sich Grünspan erzeugt, dessen Bildung von den Bäckern nicht ungern gesehen wird. — Mit über-

schüssigem Wasser angemachtes Brot ist leicht dem Verderben ausgesetzt; es erhält dadurch einen unangenehmen Geruch und ist als Nahrungsmittel nicht mehr tauglich. Häufig beobachtet man dabei einen rothen mikroskopischen Pilz, das Oidium aurantiacum, das sich durch Sporen mit unglaublicher Schnelligkeit fortpflanzt.

Die Presshefe. Die Bierhefe erleidet in dem Zustande, in welchem sie sich aus der Bierwürze abscheidet, eine beträchtliche Anwendung in der Bäckerei. Da dieselbe aber sehr wenig haltbar und nicht überall frisch zu haben ist, so wendet man Presshefe, Pfundhefe, Germ, Bärme oder künstliche Hefe an, welche die Bierhefe in den meisten Fällen zu ersetzen im Stande ist. Man pflegt zu diesem Zwecke den Betrieb der Branntweinbrennerei dergestalt zu modificiren, dass die Hefenerzeugung zur Hauptsache, der Weingeist dagegen zum Nebenproduct wird. Die Darstellung der Presshefe geschieht auf folgende Weise. Man maischt Roggenschrot mit Gerstenmalzschrot ein und kühlt die Maische mit dünner Schlempe. Auf 100 Th. Schrot setzt man 0,5 Th. kohlensaures Natron und 0,37 Th. Schwefelsäure mit Wasser verdünnt, hinzu und bringt die Flüssigkeit mit Hefe in Gährung. Die sich bei der stürmisch stattfindenden Gährung auf der Oberfläche der Flüssigkeit reichlich einfindende Hefe wird mittelst eines Schaumlöffels abgenommen, durch ein Haarsieb geschlagen, mit Wasser gewaschen und in leinenen Beuteln langsam abgepresst, bis sie einen steifen, knetbaren Teig bildet. Sie hält sich an kühlen Orten 2—3 Wochen lang. 100 Th. Schrot geben 6—8 Th. Presshefe.

## Die Essigfabrikation.

Essiggährung. Unter Essig versteht man im gewöhnlichen Leben eine künstlich erzeugte saure Flüssigkeit, die wesentlich aus Essigsäure und Wasser besteht. Je nach dem Material, aus welchem der Essig erzeugt wird, unterscheidet man:

1) die Gewinnung des Essigs durch trockne Destillation des Holzes,

2) die Erzeugung des Essigs aus alkoholhaltigen Flüssigkeiten.

Zunächst beschäftigt uns die Erzeugung des Essigs aus alkoholhaltigen Flüssigkeiten, die, da sie häufig unter Mitwirkung eines Ferments vor sich geht, Essiggährung genannt wird. Die Essigsäure ist ein Oxydationsproduct des Alkohols. Der Vorgang der Umwandelung des Alkohols in Essigsäure lässt sich durch folgendes Schema ausdrücken:

$$\left.\begin{array}{l}\text{1 Aeq. Alkohol } C_4\,H_6\,O_2\\ \text{4 Aeq. Sauerstoff } 4\,O\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{1 Aeq. Essigsäure } C_4\,H_4\,O_4\\ \text{2 Aeq. Wasser } 2\,HO\end{array}\right.$$

Bedingungen zur Essiggährung. Nach diesem Schema geben 46 Th. Alkohol 60 Th. höchst concentrirte Essigsäure. Der Vorgang ist aber in der Wirklichkeit nicht so, dass sich aus dem Alkohol sogleich Essigsäure bildet. Ehe diese Säure entsteht, bildet sich erst ein Körper, welcher minder sauerstoffreich als die Essigsäure ist, nämlich das Aldehyd $C_4\,H_4\,O_2$. Die Umwande-

lung des Alkohols in Essigsäure lässt sich auf folgende Weise übersichtlich darlegen:

| | |
|---|---|
| Alkohol | $C_4\ H_6\ O_2$ ($H_2$ werden durch $O_2$ aus der Luft zu 2 HO oxydirt) |
| Davon ab | $H_2$ |
| Bleibt Aldehyd | $C_4\ H_4\ O_2$ |
| Dazu | $O_2$ (aus der Luft) |
| Resultirte Essigsäure | $C_4\ H_4\ O_4$. |

Zur vollständigen Umwandelung einer alkoholischen Flüssigkeit in Essig müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

1) Hinreichende Verdünnung. Der Alkoholgehalt der Flüssigkeit darf nicht über 10 pCt. betragen.
2) Eine Temperatur zwischen 15—25°.
3) Gehöriger Luftzutritt zu der alkoholischen Flüssigkeit und innige Berührung zwischen beiden.

Die sogenannten Essigsäurefermente, die Essigmutter (*Ulvina aceti* oder *Mycoderma aceti*) ist eine Pflanze, die unter dem Mikroskop als eine Aneinanderlagerung von Kugeln erscheint, welche denen der Hefenpilze gleichen, aber einen viel kleineren Durchmesser haben. Sie soll zu dem Alkohol und der Essigsäure in derselben Beziehung stehen, wie die Hefe zum Zucker und Alkohol. Dies ist aber nur in so weit richtig, als Essigmutter zu verdünntem Alkohol gebracht, eben so gut wie eine kleine Quantität Essigsäure bei Luftzutritt die Essiggährung einzuleiten fähig ist. Die Essigsäurefermente wirken nur vermittelst des Essigs, den sie in ihren Poren eingesaugt enthalten. Es ist deshalb allen Essigfabrikanten anzurathen, die Essigmutter durch Essig oder Substanzen, welche wie Sauerteig, Weissbier, Essig enthalten, zu ersetzen, da, wie die Erfahrung gelehrt hat, sich die Essigmutter in grösserer Menge auf Kosten des Essigs bildet. Nach neueren Untersuchungen von Thomson soll die Essigpflanze die Fähigkeit besitzen, gelösten Zucker in Weingeist und Kohlensäure zu verwandeln, und scheint eine Modification oder ein Derivat der Hefenpflanze zu sein.

Arten des Essigs. Die bekanntesten Sorten des Essigs sind der Weinessig, der Frucht- und der Branntweinessig. Der Weinessig wird erhalten, indem man Wein entweder für sich oder unter Zusatz von schon fertig gebildetem Essig bei 30 — 35° Temperatur der atmosphärischen Luft aussetzt, der so erhaltene Essig enthält ausser Essigsäure etwas Weinsteinsäure und Aepfelsäure, so wie die in dem Weine enthaltenen Salze. Junge Weine oxydiren sich wegen ihres Zuckergehaltes weit schwieriger als alte. Schwache Weine gähren leichter, geben aber auch schwachen Essig. Die häufig in Weingegenden ausgesprochene Ansicht, ein schlechter Wein sei zur Erzeugung von Essig immer noch gut genug, findet darin ihre Widerlegung, dass nur der Alkohol im Weine in Essigsäure übergeht. Ein alkoholreicherer Wein

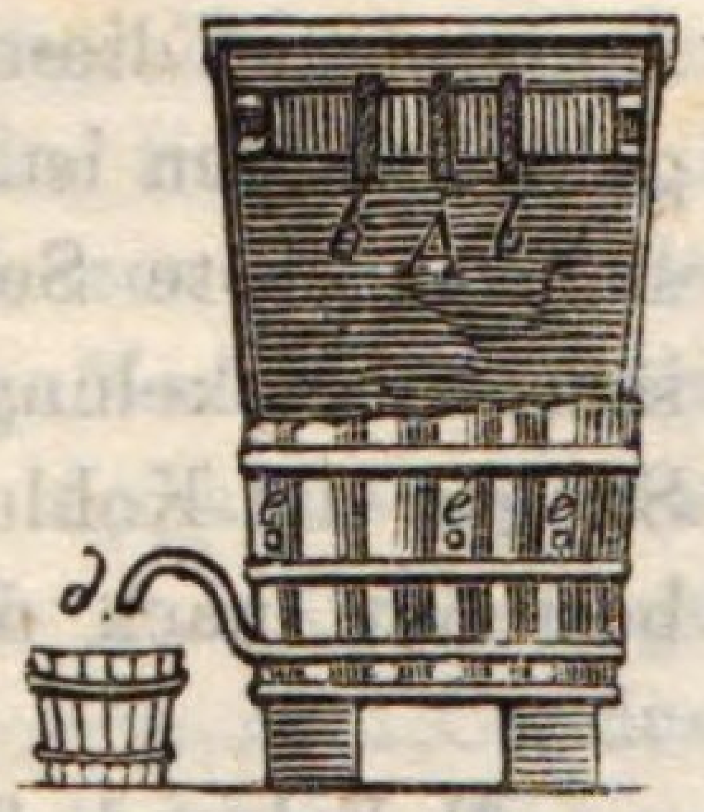
wird daher einen stärkeren Essig liefern, als ein schwacher, vielleicht schon verdorbener Wein.

Den Frucht- oder Getreideessig stellt man aus Gersten- oder Weizenmalz dar, das man mit Wasser auszieht. Man lässt die zuckerhaltige Flüssigkeit mit Hefe und Essig vermischt gähren. Hierher gehört auch der Essig aus Kartoffeln, aus Zucker, Honig u. s. w. In allen diesen Fällen muss erst die geistige Gährung eintreten und Alkohol gebildet werden, ehe Essig erzeugt werden kann. Bei der Darstellung dieser Essigarten bringt man die weingeistige Flüssigkeit (das Essiggut) in die sogenannten Mutterfässer, die sich auf Gerüsten in mehreren Reihen horizontal über einander befinden und zum vierten Theile mit schon fertig gebildetem siedend heissen Essig angefüllt sind, in der Weise, dass man jeden Tag eine kleine Menge der weingeistigen Flüssigkeit zu dem Essig setzt, bis das Fass beinahe voll geworden ist. Die Fässer werden mit ihren offenen, 3 Zoll weiten Spundlöchern, ungefähr 14 Tage lang liegen gelassen, nach welcher Zeit der Essig fertig ist.

Schnellessigfabrikation.

Dies Verfahren ist aber so zeitraubend, dass es von der Schnellessigfabrikation an den meisten Orten verdrängt worden ist, welche darauf beruht, dass man die Berührungspunkte des Alkohols mit der atmosphärischen Luft möglichst vergrössert und eine möglichst günstige Temperatur herstellt. Die Ausführung geschieht auf folgende Weise: Man versetzt Branntwein mit so viel Wasser, dass in dem Gemisch auf 1 Th. Alkohol 8—9 Wasser enthalten sind. Damit der Luft die grösstmöglichste Oberfläche dargeboten werde, füllt man ein ungefähr 5 Fuss hohes Fass *A* (Fig. 125) mit Hobelspänen von Buchenholz, welche mit starkem Essig getränkt worden sind und befestigt in dem obern Theile des Fasses einen cylindrischen Behälter *b b*, dessen Boden mit vielen kleinen Oeffnungen versehen ist. In diesen Oeffnungen befinden sich Bindfäden, an welchen die bis auf 30—33° erwärmte alkoholhaltige Flüssigkeit, die man in den obern Behälter bringt, in das Fass tröpfelt. Durch die Löcher *e e e* in dem unteren Theile des Fasses strömt fortwährend atmosphärische Luft ein, welche ihren Sauerstoff an den Alkohol abgiebt und durch Oeffnungen in den Behälter *b* entweicht. Die Oxydation geht am schnellsten bei einer Temperatur von + 36° vor sich. Die unten bei *d* abfliessende Flüssigkeit enthält schon zum grossen Theil den Alkohol in Essigsäure umgewandelt. Damit die Umwandelung aber vollständig vor sich gehe, lässt man die Flüssigkeit noch durch ein zweites und dann durch ein drittes Fass laufen. Gewöhnlich dauert die ganze Fabrikation drei Tage. In der Regel fabricirt man Essig von 2—5 pCt. Gehalt an Essigsäurehydrat. Anstatt der

Fig. 125.



Holzspäne wendet man jetzt häufig gröblich gepulverte Kohle an, durch welche man den verdünnten Weingeist laufen lässt.

**Prüfung des Essigs auf seine Stärke.**

In früheren Zeiten pflegte man dem Essig spanischen Pfeffer, Seidelbast, Schwefelsäure u. dergl. in der Absicht zuzusetzen, denselben schärfer und stärker zu machen. Eine solche Verfälschung kommt aber jetzt nicht mehr vor. Wohl aber ist ein Essig auf seinen Gehalt an Essigsäure zu prüfen, wobei man aber das gewöhnliche Mittel, dessen man sich bedient, um die Stärke einer Säure zu prüfen, nämlich das specifische Gewicht nicht anwenden kann, da die Essigsäure sich nicht proportional ihrem Wassergehalte ausdehnt*). Die Methoden, welche die Ermittelung der Stärke des Essigs zum Zweck haben, nennt man acetometrische und die Gesammtheit der Verfahren Acetometrie. Am einfachsten ist es, dass man ein bestimmtes Gewicht des zu untersuchenden Essigs durch eine alkalische Flüssigkeit von bekannter Stärke neutralisirt. Man wendet dazu Ammoniak, Kalkwasser oder kohlensaures Kali an und zieht aus der Menge des verbrauchten Alkalis einen Schluss auf die Güte des Essigs. Man verlangt von einem guten Essig, dass 2 Loth desselben (32 Grammen) mindestens ein Quentchen (4 Grammen) kohlensaures Kali zur Sättigung bedürfen. Das vorzüglichste Verfahren aber, um Essig auf seinen Gehalt an Essigsäure zu prüfen, ist das auf der Seite 88 angegebene umgekehrt. Das hierzu dienende Alkali ist am besten zweifach kohlensaures Natron ($NaO$, $2\ CO_2$), das aber kein einfach kohlensaures Natron enthalten darf. Um den Versuch auszuführen, füllt man eine kleine Probirröhre von der Fig. 127 angegebenen Form mit 4—5 Grammen des doppelt kohlensauren Salzes, befestigt sie an einem Faden und hängt sie in dem Kolben *A* (Fig. 126 siehe nächste Seite) des Apparates, der mit dem abgewogenen Essig und Wasser zum dritten Theile angefüllt ist, auf die Weise, dass ihr Inhalt mit der Säure nicht in Berührung kommt. Darauf verschliesst man die Röhre *c* und richtet den Apparat auf dieselbe Weise vor, wie es bei der Alkalimetrie (Seite 88) angegeben worden ist. Nach genauer Wägung lässt man die Röhre (Fig. 127 siehe nächste Seite) in die Säure einsinken. Nach beendigter Kohlensäureentwickelung taucht man den Kolben in laues Wasser, entfernt durch Saugen die Kohlensäure in dem Apparat durch atmosphärische Luft und bestimmt nach dem Erkalten die Verminderung des Gewichts, aus der

---

*) Folgende Tabelle zeigt die Variationen des specifischen Gewichtes der Essigsäure je nach der Quantität des mit ihr gemengten Wassers:

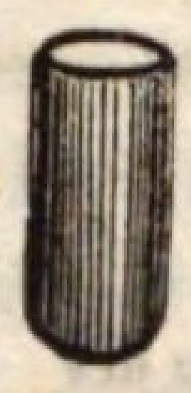
| | | |
|---|---|---|
| Essigsäurehydrat hat ein spec. Gewicht von | . . . . | 1,063 |
| 1 Th. Säure mit | 10 Th. Wasser hat ein spec. Gewicht von | 1,074 |
| 1 „ „ „ | 22,5 „ „ „ „ „ „ „ | 1,077 |
| 1 „ „ „ | 32,5 „ „ „ „ „ „ „ | 1,070 |
| 1 „ „ „ | 43 „ „ „ „ „ „ „ | 1,076 |
| 1 „ „ „ | 55 „ „ „ „ „ „ „ | 1,074 |
| 1 „ „ „ | 97,5 „ „ „ „ „ „ „ | 1,068 |
| 1 „ „ „ | 102,5 „ „ „ „ „ „ „ | 1,063 |

sich der Säuregehalt berechnen lässt. Man erhält den Procentgehalt an Säure unmittelbar durch die Anzahl der Centigramme der entweichenden Kohlensäure, wenn man 1,16 Gramme Essig, oder wenn derselbe sehr verdünnt ist, das Doppelte oder das Dreifache dieser Menge nimmt, so dass man 1—2 Gr. Kohlensäure erhält. Dann ist es aber nothwendig, die Anzahl der erhaltenen Centigramme mit der derselben Zahl zu dividiren, mit welcher man die Grundzahl multiplicirt hat, damit sie dem Procentgehalt der Säure entspreche.

Fig. 126.



Fig. 127.



Essigsäure. Um aus dem Essig die Essigsäure $C_4\ H_4\ O_4$ abzuscheiden, sättigt man denselben mit einer Base, dampft zur Trockne ab und destillirt das erhaltene essigsaure Salz mit Schwefelsäurehydrat. Man kann auch Essigsäure ohne Destillation darstellen, indem man eine concentrirte Lösung von essigsaurem Baryt mit 1 Aeq. Schwefelsäure zusetzt und die Essigsäure vom abgeschiedenen schwefelsaurem Baryt (Barytweiss) abfiltrirt. — Möglichst wasserfrei erhält man sie durch Destillation von zweifach schwefelsaurem Kali mit Bleizucker, es bildet sich neutrales schwefelsaures Kali und schwefelsaures Bleioxyd, und Essigsäure $C_4\ H_4\ O_4$ destillirt über:

$$KO,\ 2\ SO_3,\ HO + PbO,\ C_4\ H_3\ O_3 = KO,\ SO_3 + PbO,\ SO_3 + C_4\ H_4\ O_4.$$

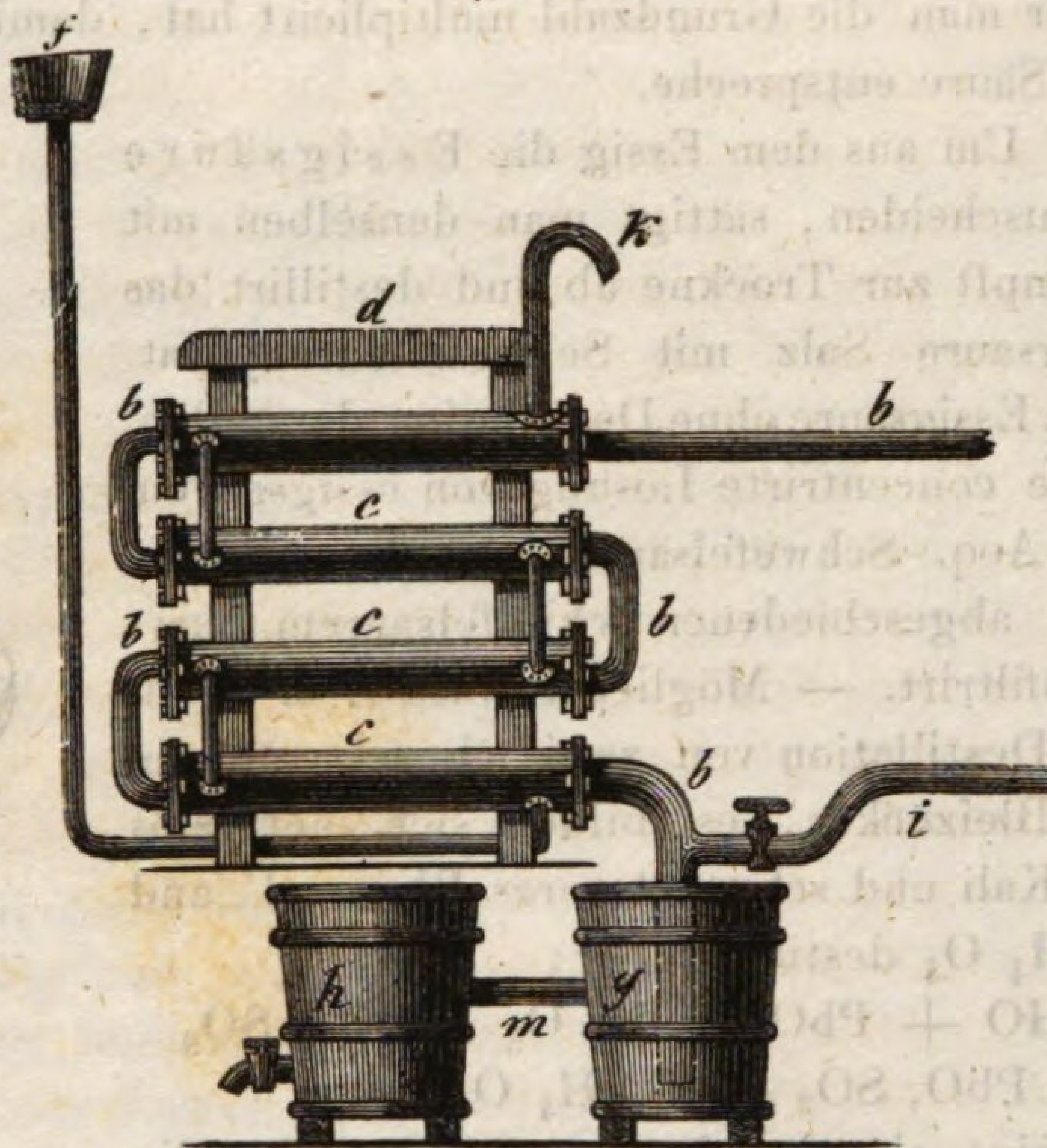
Sie erscheint als eine farblose Flüssigkeit, die sich bei + 13⁰ zu einer festen krystallinischen Masse verdichtet, durchdringend sauer riecht und schmeckt. Sie hat die Eigenschaft, ätherische Oele und Kampher zu lösen.

### Der Holzessig.

Holzessig. Den Holzessig stellt man in neuerer Zeit in grosser Menge dar und erhält ihn häufig als Nebenproduct bei der trocknen Destillation vegetabilischer Substanzen, namentlich des Holzes, behufs der Leuchtgasfabrikation. Ist die Darstellung des Holzessigs Zweck der Holzverkohlung, so schliesst man Holz in einem geeigneten Apparate ein und setzt es bei Abschluss der Luft einer nach und nach bis zum Glühen gesteigerten Hitze aus. Sehr zweckmässig bedient man sich zum Condensiren der Dämpfe hierzu des Fig. 128 (siehe nächste Seite) abgebildeten Apparates. Die Zersetzung des Holzes geht in eisernen Retorten vor sich, denen ähnlich, die man bei der Bereitung des Leuchtgases aus Steinkohlen verwendet. Die Destillationsproducte gehen durch das Rohr *b*, welches mit der Retorte verbunden und zickzackförmig gebogen ist, durch den in dem Gestelle *d* befindlichen Kühlapparat *c*, welchem durch *f* kaltes Wasser zugeführt wird, während das erwärmte bei *k* abfliesst. Essig, Theer und Holzgeist condensiren sich und fliessen in das Gefäss *g*, in

welchem sich besonders der Theer absetzt, während die leichteren Flüssigkeiten durch *m* nach dem Gefäss *h* ablaufen. Die nicht condensirten brennbaren Gase werden durch das Rohr *i* in die Feuerung geleitet. Der auf diese Weise erhaltene roheHolzessig wird wegen seines Kreosotgehaltes*) zum Räuchern des Fleisches benutzt. Unter den vielen Metho-

Fig. 128.




Reinigung des Holzessigs.

den der Reinigung des Holzessigs sei nur die eine erwähnt. Man sättigt die rohe Säure mit Kalkhydrat, mit welchem die Essigsäure eine leicht lösliche, das Harz aber eine fast unlösliche, Verbindung eingeht. Die klare Flüssigkeit wird abgegossen und mit schwefelsaurem Natron zerlegt, es bildet sich unlöslicher Gyps und essigsaures Natron, dessen Lösung von dem Bodensatze abgegossen und bis zum Erscheinen einer Krystallhaut abgedampft wird. Das krystallisirte Salz wird umkrystallisirt, geschmolzen und vorsichtig auf eisernen Platten bis zur Zersetzung des Harzes erhitzt. Diese Reinigungsmethode gründet sich darauf, dass die Essigsäure in den Salzen eine viel höhere Temperatur ohne Zersetzung ertragen kann, als die Brenzstoffe. Das so erhaltene kohlehaltige essigsaure Natron führt wegen seiner Benutzung zur Rothbeize den Namen Rothsalz. Um aus diesem Salze die Essigsäure

*) Das Kreosot ist ein von Reichenbach entdecktes Product der trocknen Destillation der organischen Substanzen. Dass das Fleisch, welches einige Zeit im Rauche gehangen, nicht mehr fault, ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, der neueren Zeit war aber vorbehalten zu zeigen, dass das Kreosot das wirksame Princip des Rauches sei. Es erscheint im reinen Zustande als eine ölige farblose Flüssigkeit von unangenehmen Geruche und brennend scharfem Geschmacke. Auf die Zunge gebracht, bewirkt es den heftigsten Schmerz und zerstört die Epidermis. Es wirkt im hohen Grade antiseptisch und blutstillend.

abzuscheiden, wird dasselbe mit Schwefelsäure versetzt und die vom ausgeschiedenen Glaubersalze abgegossene klare Flüssigkeit destillirt, wobei wasserhaltige Essigsäure übergeht. Nach Pasch lässt man den rohen Essig behufs der Reinigung durch ein mit Birkenkohle angefülltes Dumont'sches Filter gehen. Stolze's Versuchen zufolge liefert 1 Pfund Holz, gleich viel von welcher Art, im Durchschnitt 15 Loth Holzessig, der aber allerdings von sehr verschiedener Stärke ist.

Nach Völckel erzeugt man aus dem rohen Holzessig reine Essigsäure, indem man rohen Holzessig mit Kalk sättigt, wobei ein Theil der harzigen Stoffe in Verbindung mit Kalk sich abscheidet und abfiltrirt wird. Die bis zur Hälfte eingedampfte Flüssigkeit wird mit Salzsäure bis zur schwach sauren Reaction versetzt, das sich dabei abscheidende Harz abgeschäumt und die Flüssigkeit sodann bis zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird durch Salzsäure zersetzt und die Essigsäure abdestillirt. Das Destillat wird durch nochmalige Destillation über 2—3 pCt. zweifach chromsaurem Kali gereinigt.

Anwendung des Holzessigs.

Man benutzt den Holzessig in der Kattundruckerei und Färberei, zur Darstellung reiner essigsaurer Salze, zu pharmaceutischem und chemischem Gebrauche, so wie in höchst gereinigtem Zustande als Tafelessig.

Holzgeist.

Bei der Destillation des Holzessigs geht anfangs eine alkoholische Flüssigkeit, roher Holzspiritus, über, die, wiederholt über gebranntem Kalk rectificirt, den Holzgeist, Holzalkohol oder das Methyloxydhydrat ($C_2$ $H_4$ $O_2$) bildet. Dieser Körper hat sehr grosse Aehnlichkeit mit dem Alkohol, sowohl in Bezug auf seine Eigenschaften, als auch in Bezug auf seine Zersetzungsproducte und chemische Constitution. Man benutzt ihn als Brennmaterial, so wie als Auflösungsmittel für Harze u. s. w. Als Ersatzmittel des Alkohols bei der Liqueurfabrikation und Parfümerie kann der Holzgeist wegen eines, wenn auch schwachen und unangenehmen Geruches nicht angewendet werden. Als Brennmaterial steht er dem Weingeist nach, da er leichter verdunstet und an brennbaren Bestandtheilen relativ ärmer ist. —

## Die Fäulniss.

Fäulniss im Allgemeinen.

Fäulnissprocess wird jeder Zersetzungsprocess genannt, der in einem Theile eines der organischen Natur angehörenden Körper durch eine äussere Ursache beginnt und sich dann durch die ganze Masse fortpflanzt, ohne weitere Mitwirkung der ursprünglichen Ursache. Ein organischer Körper ist nur dann fäulnissfähig, wenn er für sich, ohne andere Bedingungen, als angemessene Temperatur und eine gewisse Menge Wasser, einen Zersetzungsprocess erleidet, in dessen Folge er in seiner ursprünglichen Beschaffenheit verändert wird. Nur sehr wenige der in der Natur vorkommenden Körper sind der Fäulniss fähig, aber so klein auch ihre Zahl ist, so sind doch diese Substanzen allgemein ver-

breitet und kein Theil eines organisirten Wesens ist frei davon. Zu diesen Stoffen gehören die eiweissähnlichen Körper und die leimgebenden Substanzen. Da nur organische Körper der Fäulniss fähig sind, so sind es im faulenden Wasser auch nur die darin befindlichen organischen Substanzen. Die Anwesenheit von Infusorien als Erreger der Fäulniss zu betrachten, ist eine nicht gegründete Ansicht, obgleich wir stets da Vibrionen bemerken, wo faulende Körper mit der Luft in Berührung stehen. — Zersetzungsprocesse, die bei Zutritt von feuchter Luft und ohne Entwickelung übelriechender Gasarten vor sich gehen, nennt man Verwesung und Vermoderung.

Fäulnisswidrige Mittel.

Es giebt gewisse Körper und Agentien, welche die freiwillige Zersetzung organischer Substanzen verhindern und die schon eingetretene beseitigen. Man nennt solche Körper fäulnisswidrige Mittel oder Antiseptica. Eine wesentliche Bedingung zur Fäulniss ist eine bestimmte Temperatur; eine niedrige ist deshalb ein kräftiges Antisepticum. Ein überraschendes Beispiel von der conservirenden Kälte haben wir in der Erhaltung des Mammuths (*Rhinoceros tichorhinus*), welches Pallas im Eise Sibiriens fand. Eine andere Methode der Conservation besteht in vollständigem Austrocknen, da Wasser zu den Hauptbedingungen der Fäulniss gehört. Vollkommen ausgetrocknete Substanzen gehen nicht in Fäulniss über. Das Austrocknen geschieht entweder, indem man den Körper einer höheren Temperatur aussetzt, oder denselben mit Substanzen zusammenbringt, die wasserentziehend wirken, wie der Alkohol, der Zucker, verschiedene Salze u. s. w. In tropischen Gegenden, Arabien, Aegypten u. s. w. werden die Leichen in den durch die Sonne bis auf 40—60$^0$ erwärmten Sand gelegt, und nach mehreren Tagen wieder hervorgezogen; sie sind dann so ausgedörrt, dass sie kein Wasser mehr enthalten und dasselbe auch aus der Luft schwer wieder aufnehmen. Die bekannten Gewölbe wie z. B. der Bleikeller in Bremen, in denen die Leichen unverwest sich erhalten, verdanken diese Eigenschaft einer sehr trocknen Atmosphäre und besonders einem fortwährenden Luftzuge, der die Feuchtigkeit mit sich fortführt. — Ohne den Sauerstoff der Luft ist keine Fäulniss möglich. Schliesst man daher die atmosphärische Luft ab, so tritt keine Fäulniss ein. Dies ist z. B. der Fall, wenn man Eier in Kalkwasser legt, die sich in demselben jahrelang unverändert aufbewahren lassen; wenn man Fleischspeisen in Fett einschmilzt.

Appert's Methode.

Ebenso beruht die Methode Appert's zur Aufbewahrung gekochter Nahrungsmittel auf dem vollständigen Abschluss der Luft; diese Methode besteht darin, dass man die zu conservirenden Speisen nebst der nöthigen Brühe in Blechbüchsen bringt und die Blechdeckel, welche eine kleine Oeffnung enthalten, verlöthet. Hierauf werden die Büchsen in einem Bade von Salzwasser bis über den Siedepunkt des Wassers erhitzt, wodurch der Inhalt ins Kochen geräth und die entwickelten Wasserdämpfe die noch in der Büchse enthaltene Luft austreiben. Nach kurzem Kochen

wird die Oeffnung im Deckel mittelst des Löthkolbens durch einen Tropfen Schnellloth rasch geschlossen. Das Verfahren Appert's empfiehlt sich durch Vollkommenheit und nicht zu grosse Kostspieligkeit.

Aus dem nämlichen Grunde wirken die Substanzen fäulnisswidrig, welche den Sauerstoff der atmosphärischen Luft an sich ziehen. Solche Substanzen sind Eisenfeile, schweflige Säure, Stickoxyd u. s. w. Die Wirksamkeit einer anderen Klasse von antiseptischen Mitteln beruht darauf, dass dieselben mit den eiweissartigen Substanzen der organischen Körper, welche als amorphe, saftige Massen denjenigen Zustand zeigen, in welchem die Materie am leichtesten den Einflüssen der Agentien ausgesetzt ist, Verbindungen eingehen und eine Hülle bilden, welche die darunter liegenden Theile vor der Fäulniss schützt. Auf diese Weise wirken das im Rauch und in dem Holzessig enthaltene Kreosot, das Quecksilberchlorid, die arsenige Säure, die Gerbsäure, das salpetersaure Silberoxyd, das Zinkchlorür, die schwefelsaure Thonerde u. s. w. Unter den wirksamsten fäulnisswidrigen Stoffen zeichnet sich endlich die Kohle aus, die besonders mechanisch fein zertheilt von grosser Wirksamkeit ist. Ob diese Eigenschaft von der mechanischen Structur der Kohle abhängt und mit der chemischen Natur nichts gemein hat, ist noch nicht entschieden. Hierher gehören auch das Chlor und die Salpetersäure.

Conservation der Nahrungsmittel.

Alle Methoden, Nahrungsmittel zu conserviren, kommen entweder darauf hinaus, dass man ihnen das Wasser entzieht, oder dass man der Zersetzung eine bestimmte Richtung giebt, wie z. B. bei der Erregung der Milchsäuregährung beim Einlegen des Sauerkrautes, der sauren Gurken u. s. w.

Die Entziehung des Wassers geht vor sich

1) durch Trocknen,
2) durch Zusatz von Salz, Zucker und Alkohol.

Am häufigsten wendet man das Trocknen bei Früchten an, wie z. B. Pflaumen und Kirschen, bei Weinbeeren zur Bereitung der Rosinen und Corinthen, bei Feigen, Datteln etc. Die Aufbewahrung von Gemüsen durch Trocknung und starkes Zusammenpressen der getrockneten Blätter ist in neuerer Zeit ein nicht unbedeutender Industriezweig geworden; in Gestalt solch comprimirter Gemüse bringt man die Zuthaten der bekannten französischen Julienne, gelbe Rüben, Blumenkohl, Blaukraut, Spinat, Wirsing, Pflückerbsen etc. Auch der weiter unten zu beschreibende Fleischzwieback enthält die hauptsächlichsten Nährstoffe des Fleisches in trockner Gestalt.

Das Einsalzen (Einpöckeln) des Fleisches und der Fische, so wie das häufig darauf folgende Räuchern, das Einmachen der Früchte in Zucker, das Einlegen in Alkohol sind sämmtlich Verrichtungen, die auf der Entziehung des Wassers der zu conservirenden Nahrungsmittel beruhen.

Holzconservation. Holzconservation. — Reine Holzfaser ist an sich nur sehr wenig der Zerstörung durch die Zeit unterworfen. Wenn wir aber trotzdem finden, dass das Holz sich verändert, wenn scheinbar auch keine nachtheiligen Einflüsse vorhanden sind, so ist der Grund dieser Erscheinung in Substanzen zu suchen, welche der reinen Holzfaser fremd sind, dieselbe aber stets begleiten, nämlich in den Saftbestandtheilen, als einer wässerigen Lösung eiweissähnlicher Substanzen. Bei Anwendung des Holzes zu Landbauten, wo es geschützt gegen Hitze und Feuchtigkeit liegt, hat es fast nur einen Feind, den Holzwurm; wo es hingegen feucht liegt, wo kein Luftzug die Anhäufung der Zersetzungsproducte hindert, gehen die eiweissähnlichen Körper der Saftbestandtheile in Fäulniss über und verändern hierbei die Faser, welche ihren Zusammenhang verliert und zuletzt eine zerreibliche Masse wird. Man nennt diese Zersetzung die Fäulniss, das Vermodern oder Verstocken des Holzes. Hierbei erzeugt sich auf der Oberfläche der sogenannte Schwamm oder Holzschwamm. Diese wuchernden Pilze oder Schwämme (*Boletus destructor*, *Xylophagus lacrymans*, *Sistrotrema*) ziehen ihre Nahrung aus dem Holze und können in kurzer Zeit Gebäude vernichten. Diese Schwämme kündigen sich in ihrem Entstehen durch weisse, immer mehr und mehr sich vergrössernde, in ein graues Faserngeflecht übergehende Flecken an; im ausgebildeten Zustande haben sie das Aussehen einer korkähnlichen häutigen Masse, die meist von brauner Farbe ist, widerlich moderig riecht und gesundes Holz ansteckt.

Mehr als auf dem Lande leidet das Holz, das unmittelbar dem Einfluss des Seewassers ausgesetzt ist; hier ist aber der Bohrwurm der gefährlichste Feind. Dieses Thier, aus der Gattung der zweischaligen Weichthiere, bohrt sich in der Jugend mit dem vorn hornartigen Rüssel in das im Seewasser befindliche Holz (der Pfähle und Schiffe), wächst im Holz, wird bis 12 Zoll lang, vergrössert die gebohrte Röhre und füttert dieselbe mit Kalk aus. Die Bohrwürmer stammen aus den Meeren heisser Länder; die bekannteste Art, *Teredo navalis*, greift die unbeschlagenen Schiffe, Holzdämme u. dergl. an, vermag sie ganz zu durchlöchern und grossen Schaden anzurichten. Mehrmals sind die Pfähle an den Dämmen Hollands durch die Bohrwürmer so beträchtlich beschädigt worden, dass die Ueberschwemmung des grössten Theils des Landes zu befürchten war. Wahrscheinlich in Folge des Klimas sind diese Thiere seltener geworden und finden sich nur noch vereinzelt in Venedig und an den holländischen und englischen Küsten.

Die Mittel, welche angewendet worden sind, um die Zerstörung des Holzes zu verhüten, beruhen:

1) auf der möglichsten Entfernung des Wassers aus dem Holze vor seiner Verwendung;
2) auf der Entfernung der Saftbestandtheile;
3) auf der chemischen Veränderung der Saftbestandtheile;

4) auf der Vererzung des Holzes oder der allmäligen Entfernung des Organischen.

Austrocknen des Holzes.

1) Ausgetrocknetes Holz erhält sich an einem trocknen Orte lange Zeit unverändert, zumal, wenn es bei starker Wärme bis zum Braunwerden getrocknet worden ist. Wenn das Holz aber einem feuchten Orte übergeben werden soll, muss es vor seiner Verwendung möglichst lufttrocken und sodann mit einer Substanz überzogen worden sein, die das Eindringen der Feuchtigkeit in das Holz verhindert. In dieser Weise wirken Firniss, Holz- und Steinkohlentheer.

Hutin und Boutigny's Methode.

Hutin und Boutigny gehen von der Ansicht aus, dass die Absorption von Feuchtigkeit und zerstörenden Agentien bei dem Holze stets von dem Hirn ausgehe und schlagen folgende Methoden vor, um die an der Hirnseite des Holzes mündenden Gefässe dauernd zu verstopfen. Man taucht das entsprechende Ende des Holzstückes (der Eisenbahnschwelle) in einen Kohlenwasserstoff, z. B. in Schieferöl (*huile de schiste*) und zündet diesen an. Nach dem Verlöschen taucht man das Ende 1—2 Zoll tief in eine Mischung von Pech, Theer und Gummilack und theert dann das Ganze wie gewöhnlich.

Entfernen der Saftbestandtheile.

Die Saftbestandtheile bedingen hauptsächlich die Fäulniss des Holzes und müssen vor der Verarbeitung aus dem Holze entfernt werden. In dieser Beziehung kann schon beim Fällen des Holzes viel gewirkt werden. Damit das Holz die geringste Menge Saft enthalte, muss es in den Wintermonaten, spätestens im März gefällt werden. Bleiben die gefällten Stämme unentzweigt auf dem Platze liegen, so schlagen sie im Frühjahr aus, und der grösste Theil der Saftbestandtheile des Holzes dient zur Vegetation der Blätter. Es ist demnach zweckmässig, die Stämme erst nach dem Abwelken des Gipfels wegzufahren und dann wie gewöhnlich zu trocknen. Das Auslaugen des Holzes zur Entfernung der Saftbestandtheile wird vorgenommen, indem man das Holz in fliessendes Wasser legt und längere Zeit darin liegen lässt, oder es mit Wasser auskocht, oder es in einen dicht zu verschliessenden Kasten bringt, in welchen man einen Strom Wasserdampf leitet. Mit den Dämpfen wird zweckmässig das Theeren des Holzes verbunden, indem man gegen das Ende der Operation zu dem Wasser im Dampfkessel Steinkohlentheer fügt, dessen Dämpfe mit denen des Wassers zugleich in das Holz gelangen. In allen Fällen wird das Holz nachher getrocknet.

Chemische Veränderung der Saftbestandtheile.

Durch die chemische Veränderung sucht man die Saftbestandtheile in einen Zustand überzuführen, in welchem sie nicht faulen können. Zu diesem Zwecke sucht man die Oberfläche des Holzes als desjenigen Theiles, der zunächst der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, zu verkohlen oder was dasselbe bewirkt, mit concentrirter Schwefelsäure zu bestreichen. Bei einer anderen Klasse von Mitteln wird das Holz seiner ganzen Masse nach mit gewissen Stoffen imprägnirt, die sich entweder mit den Saftbestandtheilen verbinden, oder dieselben in irgend

einer Weise verändern, so dass sie nicht mehr der Fäulniss fähig sind. Hierzu verwendet man kreosothaltige Flüssigkeiten, wie man sie bei der trocknen Destillation des Holzes und der Steinkohlen erhält. Man hat vorgeschlagen die Luft aus dem Holze herauszupumpen und sodann die conservirende Substanz im flüssigen Zustande hineinzupressen. Von den Salzen, deren Lösung man zum Tränken des Holzes angewendet hat, seien erwähnt Chlornatrium in Wasser gelöst oder als Mutterlauge der Salinen und als Meerwasser, Chlorcalcium und Chlormagnesium. Sehr kräftige Conservationsmittel sind Eisenvitriol und holzessigsaures Eisenoxyd. M'Kyan schlug vor, das Holz mit Quecksilberchloridlösung zu tränken (kyanisiren). Nach Erfahrungen bei der Kyanisirung von Eisenbahnschwellen auf der Heidelberg-Mannheimer Bahn soll man

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hölzer | von | 0,25 | Fuss | Stärke | 4 | Tage |
| „ | „ | 0,35—0,50 | „ | „ | 7 | „ |
| „ | „ | 0,50—0,65 | „ | „ | 10 | „ |
| „ | „ | 0,65—0,85 | „ | „ | 14 | „ |
| „ | „ | 0,85—1 | „ | „ | 18 | „ |

in eine Lösung legen, welche 1 Pfund Quecksilberchlorid auf 200 Pfd. Wasser enthält. Die Kyanisirung beträgt 11 Kreuzer per Kubikfuss, was für Baden ungefähr die Hälfte des Kostenpreises beträgt. Erdmann hat aber durch sorgfältige Versuche das Unzureichende des Kyanisirens nachgewiesen. Für Eisenbahnschwellen ist am geeignetsten eine Lösung von Kupfervitriol oder eine Lösung von Chlorzink. Ihre Wirksamkeit scheint sich dadurch zu erklären, dass sich im Innern des Holzes durch Ausscheidung von basischem Salz und durch Verbindung mit Farbstoffen, Gerbsäure u. s. w. unlösliche, die Holzfaser einhüllende Verbindungen bilden. Das Behandeln des Holzes mit Chlorzink nennt man Burnettiren. Nach Payne wird das Holz zuerst mit einer Lösung von Schwefelcalcium und dann mit einer Lösung von Eisenvitriol imprägnirt, so dass sich im Innern des Holzes Schwefeleisen und Gyps ausscheiden. Denselben Zweck verfolgten Buchner und v. Eichthal durch Imprägniren des Holzes mit Eisenvitriol und nachheriges Behandeln mit einer Lösung von Wasserglas, wodurch sich die Poren des Holzes mit kieselsaurem Eisenoxydul ausfüllen. Je nach der Natur der zum Imprägniren angewendeten Substanzen nennt man solches Holz mineralisirtes, metallisirtes, petreficirtes.

Boucherie's Methode.

Um das Holz vollständig und bis in das Innere der Faser mit solchen Stoffen zu imprägniren, welche das Holz vor der Zerstörung schützen; und es überhaupt dauerhafter und cohärenter zu machen, als es durch blosses Eintauchen in die Lösung geschehen kann, benutzt Boucherie die Kraft, mit welcher der Holzsaft in einem Baume von der Wurzel in alle Theile des Baumes getrieben wird. Wenn man einen Baum fällt und mit dem unteren Ende in eine Lösung des Salzes stellt,

so ist nach einigen Tagen das Gewebe bis auf das Mark von dem Salz durchdrungen. Durch Anwendung verschiedener Salze kann das Holz gefärbt werden. So lässt sich dasselbe blau färben, wenn es zuerst in eine Eisenlösung und dann in Blutlaugensalz gebracht wird. — Später hat man versucht, die gefällten Hölzer aufrecht zu stellen, und durch aufgesetzte trichterartige Säcke von getheerter oder mit Kautschuk überzogener Leinwand die Salzlösung hinein zu giessen, welche durch hydrostatischen Druck den Saft verdrängt und dessen Platz einnimmt.

Apelt's Methode. Apelt's Methode der Holzconservation beruht auf einer Vererzung des Holzes oder einer allmäligen Entfernung des Organischen. Es geschieht diese sogenannte Vererzung des Holzes durch Zusammenbringen desselben mit einer Kohle, die viel Strahlkies enthält, welcher durch Verwitterung in schwefelsaures Eisenoxydul übergegangen ist. In Folge der Eigenschaft der Kohle, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, sowie durch den auffallenden Regen löst sich der in der Kohle enthaltene Eisenvitriol auf, dringt allmälig und langsam in das Holz ein und imprägnirt dasselbe, wodurch mit der Zeit durch Bildung von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd eine Vererzung des Holzes erreicht wird. Ob, abgerechnet von der Wohlfeilheit, die natürliche Imprägnation in der That Vorzüge vor der künstlichen mit Eisenvitriol habe, müssen erst Versuche lehren.

Busse's Terresin. Meist handelt es sich bei der Conservation des Holzes um Eisenbahnschwellen. Es dürfte deshalb wohl nicht am unrechten Orte sein, das von Busse in Leipzig vorgeschlagene Ersatzmittel für das Holz, das Terresin zu erwähnen, das aus Steinkohlentheer, Kalk, Schwefel und grobem Sand besteht. Es giebt in Bezug auf Tauglichkeit der Asphaltmasse nichts nach und wird zur Pflasterung, zum Dachdecken, vorzüglich aber zur Anfertigung von Eisenbahnschwellen benutzt.

## Der Kaffee.

Kaffeebohnen. Die Kaffeebohnen sind die Samen der *Coffea arabica*, eines immergrünen, 15—30 Fuss hohen Baumes aus der Familie der Rubiaceen, der in Aethiopien und Arabien einheimisch ist, und besonders in der Provinz Yemen in der Umgegend von Mokka cultivirt wird. Sie bestehen aus einer hornähnlichen Masse, die in dünnen Schnitten unter dem Mikroskop als ein Gewebe nebeneinander liegender, dickwandiger Zellen erscheint, das von unregelmässigen Höhlungen durchbrochen ist, welche durch kleine Canäle untereinander in Verbindung stehen. Die

Chemischer Bestand der Kaffeebohnen. Bestandtheile der Kaffeebohnen sind Fett (palmitin- und ölsaures Lipyloxyd), eiweissartige Körper (Albumin und Legumin), eine eigenthümliche Gerbsäure (Kaffeegerbsäure oder Chlorogensäure = $C_{14} H_8 O_7$), Zucker, Pflanzenfaser oder Cellulose (bis zu

34 pCt.), ein ätherisches Oel, dass die Ursache des eigenthümlichen Geruches des rohen Kaffees ist, unorganische Bestandtheile (3,19—6,7 pCt.), und Caffeïn = $C_{16}\ H_{10}\ N_4\ O_4$, eine organische Base und der wirksame Bestandtheil der Kaffeebohnen. Das Caffeïn krystallisirt in farblosen, verfilzten, seidenglänzenden, elastischen Nadeln, die bei 177,8° C. schmelzen, sich bei 374,8° C. unzersetzt verflüchtigen, und sich theils in Form ausgebildeter Prismen, theils als eine feine weisse Wolle verdichten. Die Quantität des Caffeïns beträgt

im rohen Caffee aus Ceylon, wild 0,8 pCt.
" " aus Plantagen 0,5 "

Rösten der Kaffeebohnen. Dem Gebrauche frischer Kaffeebohnen steht der zusammenziehende Geschmack und die hornartige Beschaffenheit der Bohnen im Wege, welche letztere die vollständige Extraction der löslichen Bestandtheile verhindert. Aus diesem Grunde pflegt man die Bohnen vor dem Gebrauche bis zu einem gewissen Grade zu erhitzen oder zu rösten. Während des Röstens geht in den Bestandtheilen der Bohnen eine wesentliche Veränderung vor; das Fett wird zum grössten Theile zerstört, die Gerbsäure und die Pflanzenfaser erleiden ebenfalls eine beginnende Zersetzung und der Zucker verwandelt sich in Caramel. Das Caffeïn dagegen erleidet durch das Rösten keine Zersetzung, sondern geht als solches in den Auszug der gerösteten Bohnen über. Der angenehme charakteristische Geruch der Bohnen gehört nicht einem einzigen Körper, sondern einem Gemenge der Producte der trocknen Destillation mehrerer Bestandtheile der Kaffeebohnen an. Beim Rösten bis zur rothbraunen Farbe verliert Kaffee 15 pCt. an Gewicht, aber 100 Th. Kaffee nehmen, obwohl sie nach dem Rösten nur noch 85 wiegen, den Raum von 130 Th. Kaffee ein. Beim Rösten bis zur kastanienbraunen Farbe verlieren 100 Th. Kaffee 20 pCt.; das Volumen beträgt in diesem Falle das von 150 Th. ungebranntem Kaffee. — Da die wesentlichen Bestandtheile der gerösteten Kaffeebohnen in Caffeïn und einem eigenthümlichen Aroma bestehen, letzteres aber durch längere Zeit fortgesetztes Kochen verflüchtigt wird, so ist das Uebergiessen des gemahlenen Kaffees mit siedendem Wasser dem Auskochen der Bohnen vorzuziehen. Der häufig in Vorschlag gebrachte Zusatz einer kleinen Menge doppelt kohlensauren Natrons zu dem Wasser, mit welchem der Kaffee ausgezogen werden soll, giebt keineswegs ein stärkeres, wohl aber ein dunkler gefärbtes Getränk, das aber nicht mehr den angenehmen Geschmack des reinen Kaffees besitzt.

Bereitung des Kaffees als Getränk.

Surrogate des Kaffees und ihr Werth. Als Surrogat für den Kaffee wendet man bekanntlich häufig die gerösteten Wurzeln von *Cichorium Intybus*, geröstete Gerste, geröstete Möhren und Runkelrüben, geröstete Eicheln u. s. w. an. Da aber alle diese Stoffe den charakteristischen Bestandtheil des Kaffees, das Caffeïn nicht enthalten, so ist der Genuss des Surrogatkaffees ein Selbstbetrug, der die Farbe für den Gehalt nimmt.

## Der Thee.

Thee. Mit dem Namen Thee bezeichnet man die Blätter der Theestaude (*Thea sinensis*), einer Pflanze aus der Familie der Theeaceen, die in China, Japan, Indien und Brasilien cultivirt wird. Es giebt verschiedene Spielarten, welche zuweilen als *Thea viridis*, *T. bohea* etc. unterschieden werden, gegenwärtig aber sämmtlich als zu einer Species gehörig erkannt worden sind, die nur durch Cultur, Boden und Klima ein etwas verändertes Ansehen erhalten hat. Der grüne Thee ist das unmittelbar getrocknete Blatt, der schwarze dagegen das nach einer vorhergegangenen gelinden Fermentation getrocknete Blatt der Theestaude. Die Bestandtheile der Theeblätter sind ein narkotisch wirkendes, ätherisches Oel, (das übrigens mehr die Eigenschaften einer flüchtigen organischen Base, als die eines flüchtigen Oeles hat), etwas Wachs, Harz und Chlorophyll, Gerbsäure und Boheasäure, Gummi, eine eisenhaltige Substanz, Caseïn, mineralische Bestandtheile und Caffeïn (Theeïn). Die Menge des in verschiedenen Theesorten enthaltenen Caffeïns beträgt in folgenden Sorten

Chemischer Bestand der Theeblätter.

| | |
|---|---|
| Gun-powdre | 4,13 pCt. |
| guter schwarzer Thee | 2,13 „ |

Theeaufguss. Bei dem Uebergiessen der Theeblätter mit heissem Wasser geht das ätherische Oel, die Gerb- und Boheasäure, das Gummi, das Caffeïn und eine kleine Menge der mineralischen Bestandtheile in den Aufguss über. Eine eiweissartige Substanz, das Caseïn, bleibt ungelöst zurück. — Es sind als Ersatzmittel für den Thee verschiedene gerbsäurehaltige Vegetabilien wie Erdbeer- und Brombeerblätter, die Samen der wilden Rose, die Blätter verschiedener Camelien u. s. w. vorgeschlagen und benutzt worden. Da aber alle diese Substanzen caffeïnfrei sind, so können sie keineswegs den Thee ersetzen. Etwas Anderes ist es mit den in neuerer Zeit statt des Thees vorgeschlagenen Blättern des Kaffeebaumes, welche im getrockneten Zustande 1,26 pCt. Caffeïn enthalten.

Surrogate für den Thee.

Der Paraguay-Thee (Yerva Mate oder Mate) besteht aus den Blättern und Blattstielen von *Ilex paraguayenis*, einer staudenartigen Pflanze, die in Südamerika, namentlich in Paraguay und dem Innern von Brasilien in Wäldern und an Flussufern wächst. Die Blätter enthalten: Kaffeegerbsäure, Chlorophyll, Wachs, Albumin, ein flüchtiges Oel, ein gummiartiges Extract und 1,2 pCt. Caffeïn; man benutzt den wässerigen Aufguss der Blätter in Paraguay, in La Plata, Peru und Quito, so wie in Neu-Granada, Columbien und Mexico. Auch *Psoralea glandulosa* enthielt Caffeïn (Psoraleïn).

Die Guarana, Quarana oder brasilianischer Cacao ist ein zusammenziehend schmeckendes Gewürz, das die Guarani-Indianer

in Südamerika aus den Samen der *Paullinia sorbilis*, einer Sapindacee, bereiten, indem sie dieselben quetschen, etwas rösten und mit Wasser zu Kuchen formen. Eine kleine Quantität derselben mit Wasser und Zucker zerrieben, wird in Südamerika als erfrischendes Getränk genossen. Der wirksame Bestandtheil darin ist Caffeïn. Seine Menge beträgt 5,07 pCt.

## Der Cacao.

Cacao. Die Cacaobohnen sind die Samen von *Theobroma Cacao*, einem Baume aus der Familie der Malvaceen, welcher im tropischen Amerika einheimisch, vielfach angebaut wird, besonders auf den Antillen, in Mexico, Guatemala, Guiana, Venezuela, Caracas, ausserdem aber auch in Afrika und Asien. Die gurkenförmigen Früchte enthalten ein saftiges Mark und in diesem zahlreiche zusammengedrückte Samen. Die Früchte werden entweder in hölzernen Gefässen der Gährung unterworfen und an der Sonne oder am Feuer getrocknet, oder auch so lange in die Erde gegraben, bis die breiartigen Theile durch Fäulniss abgesondert sind.

Chemischer Bestand der Cacaobohnen. Die Cacaobohnen enthalten Eiweiss, ein bei 40° schmelzendes Fett, die Cacaobutter, Gerbsäure, Legumin, Farbstoff und das Theobromin $C_{14} H_8 N_4 O_4$, ein Stoff, der mit dem Caffeïn grosse Aehnlichkeit hat (Caffeïn $C_{16} H_{10} N_4 O_4 - C_2 H_2 =$ Theobromin $C_{14} H_8 N_4 O_4$). Die durchschnittliche Zusammensetzung der geschälten Cacaobohne ist:

| | | |
|---|---|---|
| Cacaobutter nebst der geringen Menge Theobromin | 56 | p. Ct. |
| Kleber etc. | 17 | „ „ |
| Stärke, Gummi | 22 | „ „ |
| Wasser | 5 | „ „ |
| | 100. | |

Die Asche der Cacaobohnen beträgt 3,625 pCt. und besteht aus 37 Kali, 16 Magnesia und 40 Phosphorsäure.

Zubereitung der Cacaobohnen. Behufs der Zubereitung werden die Bohnen ähnlich dem Kaffee in eisernen Trommeln geröstet, damit die Feuchtigkeit verdunste und die Schalen so mürbe werden, dass sie sich zerbrechen lassen. Nach dem Rösten werden die Bohnen entschält und auf einem erwärmten Reibeapparat zu einem feinen Teig zerrieben, indem das Mehl der Samen mit der geschmolzenen Butter einen Brei bildet. Der Brei wird dann in Formen gebracht und darin zu Cacaomasse erkalten gelassen, oder vorher mit Zucker und Gewürz gemengt, in welchem Falle die Chocolade entsteht.

## Der Tabak.

Der Tabak. Das zum Rauchen angewendete Material kommt von verschiedenen Pflanzen aus dem Geschlecht *Nicotiana*, der Familie der Solaneen angehörig, die noch bis zum 50° nördliche Breite cultivirt werden, ursprünglich aber in den warmen Erdstrichen einheimisch sind. Die besten Tabaksorten sind die amerikanischen, namentlich die aus den südlichen Staaten Nordamerikas, Maryland, Virginien u. a., aus Varinas in der Provinz Orinoko, aus der Havanna auf Cuba, von Portorico u. s. w. Von den europäischen Tabaksorten sind zu erwähnen die holländischen, ungarischen, türkischen, französischen und Pfälzer Tabake. In Europa cultivirt man drei botanisch von einander verschiedene Arten des Tabaks. Sie sind:

1) der gemeine oder virginische Tabak (*Nicotiana tabacum*), mit grossen lanzettförmigen Blättern, welche dicht an dem Stengel stehen, sich in der Hälfte meist umbiegen, während die Rippen breit und mit spitz ablaufenden Nebenrippen versehen sind;
2) der Marylandtabak (*Nicotiana macrophylla*), mit breiteren und nicht so zugespitzten Blättern wie die des gemeinen Tabaks;
3) der Bauern- oder Veilchentabak (*Nicotiana rustica*) zeichnet sich durch seine eirunden, blasigen, mit längerem Stiele versehenen Blätter und durch seine grüngelben, kürzeren Blüthen von jeder anderen Art aus.

Die Güte des Tabaks ist abhängig vom Klima, von der Beschaffenheit des Bodens und des Samens, das Gedeihen der Pflanzen von der Lage der Felder etc. Nächst dem Weinstock giebt es wohl kein Bodenerzeugniss, bei welchem der Einfluss der Cultur ein so ganz enormer ist als beim Tabaksbau. Dieser Einfluss ist um so mehr in Betracht zu ziehen, als der Tabak in vielen Gegenden Deutschlands zu den Hauptquellen des Erwerbes und Wohlstandes gehört.

Chemischer Bestand der Tabaksblätter. Unter den Bestandtheilen der Tabaksblätter finden sich als charakteristische drei, nämlich das Nicotianin, das Nicotin und die Tabaksäure. Das Nicotianin oder Tabakskampher ist eine fettartige Substanz, welche den angenehmen Geruch des Tabaksdampfes und einen bittern, aromatischen Geschmack besitzt. Dieser Körper ist noch unvollständig untersucht. Der Ansicht der Tabaksfabrikanten zufolge ist diejenige Tabakssorte die vorzüglichste, welche das meiste Nicotianin enthält*). Das Nicotin = $C_{10}\,H_7\,N$ ist eine organische Base

*) Vielleicht ist das Nicotianin mit dem Cumarin, einem Stoffe identisch, der sich in den Tonkabohnen, im Waldmeister (*Asperula odorata*), im *Melilotus officinalis* und *Anthoxanthum odoratum*, so wie in den Fahamblättern (*Angraecum fragrans*) findet. Daher vielleicht auch instinktmässig die Anwendung der Tonkabohnen zum Aromatisiren des Tabaks und die des Melilotus zum Beimengen des Rauchtabaks, wie es in Ungarn häufig geschieht. Vielleicht hat die in der neueren Zeit ausserordentlich in Aufnahme gekommene, aber sorgfältigst geheim gehaltene Anwendung der aus Harn bereiteten Benzoësäure bei der Tabaksfabrikation den Zweck, ein Surrogat für den geringen Nicotianingehalt der schlechteren Tabaksorten abzugeben.

und erscheint im reinen Zustande als farbloses Oel von betäubendem Tabaksgeruch und ätzendem Geschmack, das sich in Wasser, Weingeist, Aether und Oelen auflöst. Es ist, schon in kleiner Gabe eingenommen, ein tödtliches Gift. Die Quantität des Nicotins in den Tabaksblättern scheint zu der Qualität in keinerlei Beziehung zu stehen. Schloesing hat den Nicotingehalt mehrerer französischer und amerikanischer Tabakssorten ausgemittelt.

Es enthalten nach ihm 100 Th. trockner entrippter Tabak aus:

| | Nicotin: |
|---|---|
| dem Depart. Lot. | 7,96 |
| „ „ Lot-et-Garonne | 7,34 |
| „ „ Nord | 6,58 |
| „ „ Ille-et-Vilaine | 6,29 |
| Pas de Calais | 4,94 |
| dem Elsass | 3,21 |
| Virginien | 6,87 |
| Kentuky | 6,09 |
| Maryland | 2,29 |
| Havanna . . . . . weniger als | 2,0 |

(Trockner Schnupftabak enthält ungefähr 2 pCt. Nicotin, durchschnittlich im nicht getrockneten Zustande 33 pCt. Wasser, was den Nicotingehalt auf 1,36 pCt. herabdrückt). Das Nicotin ist in dem Tabak in Form eines Salzes enthalten. Die charakteristische Säure des Tabaks ist die Tabaksäure $C_6 H_4 O_8$, die grosse Aehnlichkeit mit der Aepfelsäure hat und früher für dieselbe gehalten wurde. Ausser diesen Stoffen enthalten die Tabaksblätter eiweissartige Bestandtheile, Holzfaser, Gummi, Harz. Die Tabaksblätter sind sehr reich an mineralischen Bestandtheilen; die Quantität derselben beträgt 19—27 pCt. vom Gewicht der trocknen Blätter. Merz fand 23,33 pCt. Asche von einer Tabakssorte aus der Gegend zwischen Nürnberg und Erlangen. 100 Th. dieser Asche enthielten 26,96 Kali, 2,76 Natron, 39,53 Kalk, 9,61 Magnesia, 9,65 Chlornatrium, 2,78 Schwefelsäure, 4,51 Kieselerde, 4,20 phosphorsaures Eisenoxyd. In jeder Tabakssorte findet sich endlich auch salpetersaures Kali.

Tabaksfabrikation.

Man verlangt von einem guten Rauchtabak, dass sein Rauch einen angenehmen Geruch besitze und nicht knellere, auf der Zunge kein beissendes Gefühl hervorbringe, endlich nicht zu stark sei. Das frische getrocknete Tabaksblatt kann diesen Anforderungen nicht genügen, da es reich an eiweisshaltigen Bestandtheilen ist, die beim Brennen einen widrigen Geruch nach verbranntem Horn erzeugen, da ferner der grosse Gehalt an Nicotin Unbehaglichkeiten beim Rauchen hervorrufen würde. Der Zweck der Zubereitung der Tabaksblätter ist demnach, die eiweisshaltigen Stoffe zu zerstören, den grossen Nicotingehalt herabzudrücken, das Par-

füm des Tabaks zu entwickeln, und endlich den Blättern die zur Benutzung als Rauch- und Schnupftabak geeignete Form zu geben. Das Wesentliche bei der Zubereitung der Tabaksblätter ist eine bei $35^0$ vor sich gehende Gährung, durch welche die im feuchten Zustande auf Haufen geschlagenen Blätter den grössten Theil der eiweissartigen Bestandtheile verlieren, dagegen angenehm riechende, durch die Gährung entwickelte Fuselöle aufnehmen. Der Fabrikant kommt dem Gährungsprocess durch die sogenannte *Sauce* zu Hülfe, mit welchem Namen das Befeuchtungswasser der Blätter bezeichnet wird. Eine vollständige Theorie des Processes der Tabaksfabrikation ist zur Zeit nicht möglich.

Bei der Ernte des Tabaks legt man die Blätter zu 10 — 20 Stück übereinander, die Blätterhaufen werden an einen trocknen Ort gebracht, mit einem Tuch bedeckt und so lange liegen gelassen, bis sie anfangen zu schwitzen. Sodann hängt man die einzelnen Blätter zum Trocknen an Schnüren auf, wickelt dann um ungefähr 30 Blätter ein Blatt, um eine sogenannte *Docke* zu erhalten, und presst den Tabak in dieser Gestalt in grosse Fässer, in welchen sie sich etwas erwärmen. Darauf besprengt man die Blätter mit Salzwasser, und lässt sie, auf einander gelegt, bis zur Erwärmung liegen. Das Besprengen und Hinlegen wird so lange wiederholt, als der Tabak sich noch merklich erwärmt. Man trocknet ihn nun vollständig an der Luft, und presst ihn nicht selten auf mehrere Jahre in Fässer ein.

Rauchtabak. Behufs der Rauchtabaksfabrikation werden die Blätter *sortirt*, d. h. diejenigen Blätter zusammengebracht, die gleiche Farbe und gleiche Dicke haben. Nach dem Sortiren werden die dickeren Rippen ausgeschnitten (die Blätter *entrippt*), weil dieselben als wesentlich aus Holzfaser bestehend, beim Rauchen Holzrauch entwickeln würden. Sodann werden die Blätter *saucirt* oder *gebeizt*, d. h. mit einer besonders zubereiteten Sauce getränkt, die wesentlich aus Salzen (Kochsalz, Salpeter, Salmiak, salpetersaurem Ammoniak), zuckerhaltigen, weingeistigen und organisch-sauren, sowie gewürzhaften Substanzen besteht. Die Salze dienen zur Beförderung der Haltbarkeit und des langsameren Verbrennens, die übrigen Körper hauptsächlich zur Bildung jener angenehm riechenden Aether, die nicht unpassend mit der Blume des Weins verglichen worden sind. Die saucirten Blätter lässt man in Fässern gähren, sodann bei mässiger Wärme auf Horden trocknen und auf der Schneidemaschine zerschneiden. Der unzerschnittene gesponnene Tabak führt den Namen *Rollentabak*. Eine jetzt sehr beliebte Form des Rauchtabaks ist die *Cigarre*, die aus der Einlage und dem Deckblatt besteht. Die Eigenschaft der Cigarren, durch das *Ablagern* an Güte zu gewinnen, scheint nicht sowohl auf dem vollständigeren Austrocknen, als vielmehr auf einer Art Nachgährung zu beruhen, durch welche die Güte beeinträchtigende Substanzen zerstört und andere, vortheilhaft einwirkende gebildet werden.

Beim Rauchen des Tabaks erhält der Rauchende ausser den Producten

der Verbrennung des Tabaks (Kohlensäure, Wasser und etwas Ammoniak), auch die Producte der trocknen Destillation in den Mund, welche letztere dem Tabaksrauche das Charakteristische ertheilen. Es geht uns zur Zeit eine genaue Kenntniss dieser Producte noch ab, so viel steht aber fest, dass in dem Rauche die Dämpfe des Nicotianins sowie der aromatischen Bestandtheile des Tabaks und das Nicotin enthalten sind. Da in dem Tabaksrauche der gewöhnliche Bestandtheil der Producte der trocknen Destillation der Holzfaser, welcher dem Holzrauch das Beissende ertheilt, die phenylige Säure $C_{12} H_6 O_2$ fehlt, in dem Tabak aber bedeutende Mengen von Holzfaser enthalten sind, so dürfte dieselbe bei ihrer Entstehung mit dem gleichzeitig gebildeten Ammoniak zu Anilin $C_{12} H_7 N$ zusammengetreten sein, dessen Geruch im sehr verdünnten Zustande eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit dem des Rauches guter Tabakssorten hat.

Schnupftabak. Die Blätter zur Fabrikation des Schnupftabaks werden auf ähnliche Weise sortirt und saucirt wie die zu Rauchtabak. Zur Bereitung der Sauce wendet man vorzugsweise Ammoniaksalze und aromatische Körper an. Die saucirten Blätter werden zu Carotten zusammengeschnürt und diese dann gemahlen (rappirt). Im Schnupftabak ist das Nicotin (circa 2 pCt.) theils frei, theils als neutrales oder basisches (wahrscheinlich essigsaures) Salz vorhanden; das Ammoniak ist darin ebenfalls an eine Säure gebunden; beiden Salzen verdankt der Schnupftabak seine reizende Wirkung auf die Nasenschleimhaut.

## Aetherische Oele und Harze.

Aetherische Oele und Harze im Allgemeinen. Die ätherischen Oele und Harze kommen meist fertig gebildet in der Natur vor. Die ersteren ertheilen den Pflanzen den ihnen eigenthümlichen Geruch. Das ätherische Oel findet sich in den Pflanzen in Zellen eingeschlossen, daher kommt es, dass der Geruch nach dem Zerquetschen der Pflanze deutlicher hervortritt. Zwischen den Fingern fühlen sie sich nicht fettig wie die fetten Oele, sondern rauh an. Eine grosse Anzahl ätherischer Oele hat die Eigenschaft, aus einer ammoniakalischen Silberlösung das Silber als einen Silberspiegel abzuscheiden, daher ihre Anwendung zur Spiegelversilberung (vergl. S. 120).

Darstellung der ätherischen Oele. Die ätherischen Oele werden auf verschiedene Weise, meist aber dadurch erhalten, dass man die betreffenden Pflanzentheile mit Wasser destillirt. Obgleich der Siedepunkt dieser Oele weit über dem des Wassers liegt, so wird doch durch die Wasserdämpfe das ätherische Oel mit fortgerissen. Oele mit sehr hohem Siedepunkte pflegt man mit Kochsalz durch Destillation aus den Pflanzentheilen abzuscheiden. Zur Trennung des überdestillirten Oeles von dem mit übergegangenen Wasser bedient man sich der Florentiner Flasche (Fig. 129 siehe nächste Seite) einer gewöhnlichen Glasflasche, in deren Seitenwand

Florentiner Flasche.

nahe über dem Boden ein Sförmige gebogene Glasröhre eingeschmolzen ist, deren höchster Theil aber einige Zoll tiefer liegt, als die Mündung der Flasche selbst. Bei der Destillation füllt man die Flasche mit Wasser und stellt sie unter das Kühlrohr. Das zufliessende Wasser fliesst aus der Oeffnung des Sförmig gebogenen Rohres ab, sobald die Flüssigkeit in *a* ein gleiches Niveau mit *b* erreicht hat. Alles Oel sammelt sich auf dem Wasser bei *a* an und wird vermittelst einer Pipette oder eines Hebers abgehoben. Auf diese Weise gewinnt man das Anis-, Kamillen-, Kümmel-, Lavendel-, Pfeffermünz-, Nelken-, Zimmt-, Rosmarinöl u. s. w. Das Terpentinöl wird durch Destillation des Terpentins mit Wasser gewonnen.

Fig. 129.




Darstellung durch Auspressen.

Einige ätherische Oele, die in den betreffenden Pflanzentheilen in grosser Menge enthalten sind, stellt man durch Auspressen dar, dies ist der Fall bei dem Citronen-, Bergamott-, Pomeranzen und Apfelsinenöl. Während die meisten ätherischen Oele schon durch den Vegetationsprocess entstanden sind, giebt es einige, die sich aus den Pflanzentheilen erst bei der Berührung und Destillation mit Wasser bilden. Zu diesen gehört das **Bittermandelöl**, das sich unter dem Einflusse des Wassers aus dem Amygdalin unter Mitwirkung einer eiweissartigen Substanz, der Synaptase oder des Emulsins bildet, ferner das **Senföl**, das man gegenwärtig auch durch Destillation von Jodpropyl mit Schwefelcyankalium darstellt u. s. w. Gewisse ätherische Oele, die nur in sehr geringer Menge vorhanden sind, zieht man durch Digestion der Vegetabilien mit fettem Oele aus; auf diese Weise extrahirt man Jasmin, Veilchen, Hyacinthen u. s. w. Die ätherischen Oele sind im Wasser etwas löslich; solche Lösungen bilden die **destillirten Wässer** der Pharmaceuten; einige derselben, wie das Orangenblütenwasser (*Eau de fleurs d'oranger*) und das Bittermandelwasser finden ausserdem in der Parfümerie und in der Kochkunst Anwendung. Die ätherischen Oele sind in Alkohol löslich und zwar in um so grösserer Menge, je mehr das Oel Sauerstoff enthält. Auf dieser Eigenschaft beruht ihre Anwendung in der **Parfümerie** und in der **Liqueurfabrikation**.

(Randbemerkungen: Unter Mitwirkung des Wassers. — Ausziehen mittelst fetter Oele. — Eigenschaften der ätherischen Oele und Anwendung derselben.)

Parfümerie.

Die **Parfümerie** beschäftigt sich mit der Darstellung von **riechenden Wässern** (*Esprits*, *eaux de senteur*), **Pommaden**, **Crêmes** u. s. w. Die **riechenden Wässer** bestehen aus einer Lösung verschiedener ätherischer Oele in Alkohol. Der dazu angewendete Alkohol muss fuselfrei und ohne allen fremden Beigeruch, die ätherischen Oele von bester Qualität sein. Es ist am passendsten, die Oele nur in dem Alkohol zu lösen und die Lösung monatelang vor dem Gebrauche lagern zu lassen. Die früher gebräuchliche Destillation ist nicht nur nicht nothwendig, sondern auch sogar nachtheilig, da des höheren Siede-

punktes wegen ein Theil der ätherischen Oele in der Destillirblase zurückbleibt. Die *Eau de mille fleurs* wird dargestellt durch Auflösen von 60 Gr. Perubalsam, 120 Gr. Bergamottöl, 60 Gr. Nelkenöl, 15 Gr. Neroliöl, 15 Gr. Thymianöl in 9 Liter Alkohol und Zusatz von 4 Litern Orangeblütenwasser und 120 Gr. Moschustinctur, die man durch Digestion von 15 Gr. Zibeth und 75 Gr. Moschus mit 2 Litern Alkohol dargestellt hat. — *Eau de Cologne* erhält man durch Auflösen von 32 Gr. Orangeschalenöl, einer gleichen Menge Bergamottöl, Citronenöl, *Essence de Limette*, *Essence de petits grains* 16 Gr., *Essence de Cedro*, einer gleichen Menge *Essence de Cedrat*, *Essence de Portugal*, 8 Gr. Neroliöl und 4 Gr. Rosmarinöl in 6 Litern Alkohol. — In der neueren Zeit hat man auch künstlich dargestellte ätherische Oele in der Parfümerie angewendet, so eine alkoholische Lösung von essigsaurem Amyloxyd unter dem Namen Birnöl (*pear-oil*), valeriansaures Amyloxyd als Aepfelöl (*apple-oil*), buttersaures Amyloxyd als Ananasöl (*pine apple-oil*), pelargonsaures Aethyloxyd als Quittenöl. Als künstliches Bittermandelöl kommt Nitrobenzol $\left(C_{12}\left\{\begin{matrix}H_5\\NO_4\end{matrix}\right.\right)$ vor, das im minder reinen Zustande als *Essence de Mirbane* bezeichnet und in Paris und London in grosser Menge dargestellt wird. — Die Pommaden stellt man gewöhnlich aus Rindsmark oder aus Schweinefett dar, indem man dieselben schmilzt und während des Erkaltens einige Tropfen des ätherischen Oeles hinzurührt. In der Provence extrahirt man die frischen Blumen mit geschmolzenem Schweinefett. Häufig stellt man Pommaden und Crêmes aus Wachs, Wallrath und Mandelöl, und Schlagen der geschmolzenen Masse mit Wasser dar.

Chemische Parfums.

Liqueurfabrikation.

Der Zweck der Liqueurfabrikation ist, Branntwein durch Zusatz von Zucker und aromatischen Körpern in ein dem Gaumen angenehmeres Getränk zu verwandeln. Man unterscheidet feine Liqueure (Rosoglio) und ordinäre (Aquavite), je nachdem zu ihrer Herstellung vorzüglich reine Materialien angewendet worden sind oder nicht. Die mit viel Zucker versetzten ölartigen Liqueure heissen Crêmes, die mit ausgepressten Fruchtsäften, Zucker und Weingeist dargestellten Ratafia.

Die Basis der Liqueurfabrikation ist ein völlig fuselfreier Weingeist oder Branntwein; die Vegetablien, welche man zur Darstellung der Liqueure benutzt, lassen sich in drei Abtheilungen bringen. Die erste Abtheilung umfasst Pflanzensubstanzen, die nur wegen ihres Gehaltes an ätherischem Oele Anwendung finden wie Kümmel- und Anissamen, Wachholderbeeren, Pfeffermünze, Citronenschalen, Orangeblüten und bittere Mandeln. Ueber diese Substanzen wird der Branntwein abdestillirt. Häufig wendet man indessen jetzt, anstatt den Branntwein zu destilliren, Lösungen der käuflichen ätherischen Oele (Kümmelöl, Anisöl etc.) in

Weingeist an und nennt das letztere Verfahren die Fabrikation auf kaltem Wege.

Die zweite Abtheilung enthält diejenigen Vegetabilien, die sowohl wegen des ätherischen Oeles, als auch wegen ihres Gehaltes an bitteren aromatischen Stoffen Anwendung finden, es sind dies z. B. die Wurzeln des Calmus, Enzian, Zittwer, Orangenschalen, unreife Pomeranzen, Wermuth, Nelken, Zimmt, Vanille. Diese Pflanzensubstanzen werden mit Branntwein oder Spiritus übergossen entweder in der Kälte macerirt oder bei 60—50° digerirt (aber nicht destillirt). Der Auszug führt den Namen Tinctur.

Die dritte Abtheilung umfasst diejenigen Früchte, deren Saft zur Fabrikation der Ratafia Anwendung findet; hiezu gehören Kirschen, Ananas, Erdbeeren, Himbeeren u. s. w. Der Saft dieser Früchte wird mit Spiritus versetzt und versüsst. — Zum Versüssen der Liqueure wendet man eine Auflösung von 4 Pfund Zucker in einer Maass Wasser, die vorher aufgekocht und mit Eiweiss geklärt worden ist, an. Es ist rathsam, die Zuckerlösung siedend mit der weingeistigen Flüssigkeit zu mischen. Der Procentgehalt an Alkohol, den man den Liqueuren giebt, ist 46 bis 50 pCt.

Um die Liqueure für das Auge angenehm zu machen, ertheilt man ihnen häufig eine Färbung, und zwar roth durch Sandelholz und Cochenille, gelb durch Safflor, Ringelblumen und Curcuma, blau durch Indigtinctur, grün durch Mischen von gelb und blau, violett durch roth und etwas blau. Die durch Digestion dargestellten Liqueure färbt man zuweilen durch gebrannten Zucker (Caramel) dunkler braun.

Die Crêmes enthalten auf die Maass Flüssigkeit etwa 1 Pfd. Zucker. Als Beispiel sei angeführt der Maraschino (4 Maass Himbeerwasser, $1^3/_4$ M. Orangenblütwasser, $1^1/_2$ M. Kirschwasser, 18 Pfd. Zucker, 9 M. Weingeist von 89—90 pCt.).

Die Liqueure sind den Crêmes sehr ähnlich, enthalten aber etwas weniger Zucker; Englisch Bitter (5 Loth das Gelbe der Pomeranzenschalen, 6 L. Chinarinde, 6 L. Enzian, 8 L. Cardobenedictenkraut, 8 L. Tausendgüldenkraut, 8 L. Wermuth, 4 L. Veilchenwurzel mit 54 Maass Branntwein von 50%, digerirt, die Tinctur versetzt mit 12 Pfd. Zucker); Kirschen (20 Maass Kirschsaft, 20 M. Spiritus von 85%, 30 M. Zucker); gewöhnlich setzt man noch 4—8 Loth Bittermandelwasser hinzu; Pfeffermünze ($2^1/_2$ Loth Pfeffermünzöl aufgelöst in 1 Maass Spiritus von 80%, die Lösung gesetzt zu 54 Maass Spiritus von 72%, versüsst mit 60 Pfd. Zucker, der aufgelöst worden in 26 Maass Wasser; wird durch Indigotinctur und Curcuma grün gefärbt).

Harze. Die ätherischen Oele haben die Eigenschaft, sich an der Luft, oder auch in der Pflanze selbst zu verdicken und dadurch in einen neuen Körper überzugehen, welchen wir Harz nennen. Man findet die Harze im Pflanzenreiche sehr häufig. Einige derselben, wie das Harz der

Coniferen, fliessen in Verbindung mit dem ätherischen Oele von selbst aus und erhärten an der Luft. Andere Harze stellt man durch Ausziehen der betreffenden Pflanzentheile mit Alkohol und Verdampfen des Auszugs zur Trockne, oder durch Fällen des alkoholischen Auszugs mit Wasser dar. Man theilt die Harze ein in Weichharze oder Balsame und in die Hartharze. Die Weichharze sind Lösungen der Harze in ätherischen Oelen, zu ihnen rechnet man den Terpentin, den Perubalsam; zu den Hartharzen den Bernstein, das Anime, den Copal, das Dammarharz, den Mastix, den Schellack, die Benzoë und den Asphalt. An die Harze schliessen sich die Schleimharze an, welche in Folge von Einschnitten als dicke milchige Säfte aus den Pflanzen ausfliessen; sie sind meist von sehr starkem Geruch und unterscheiden sich von den Hartharzen dadurch, das sie, mit Wasser zusammengerieben, eine trübe milchige Flüssigkeit geben. Zu den Schleimharzen gehören die Asa foetida, das Gummi-Guttä u. s. w., den Beschluss dieser Klasse von Körpern machen das Kautschuk und die Gutta Percha.

Anwendung der Harze als Siegellack. Das Siegellack besteht wesentlich aus Schellack, zu welchem man etwas Terpentin gesetzt hat, um es schmelzbarer und weniger zerbrechlich zu machen. Zu den rothen und wenig gefärbten Siegellacke wendet man möglichst farbloses Gummilack an, während man zu den dunklen und schwarzen Sorten des Siegellacks das gefärbteste Gummilack setzt. Um fugenfreies rothes Siegellack darzustellen, schmilzt man in einer eisernen Pfanne 4 Th. Gummilack über gelindem Kohlenfeuer und setzt dann 1 Th. venetianischen Terpentin und 3 Th. Zinnober unter fortwährendem Umrühren hinzu. Wenn die Masse abgekühlt ist, so rollt man sie auf einer Marmortafel zu Rollen aus oder giesst sie in Messingformen. Einige Sorten Siegellack pflegt man zuweilen mit Benzoë, Storax oder Perubalsam wohlriechend zu machen. Die verschieden gefärbten Sorten stellt man dar, indem man den Zinnober durch Kobaltultramarin, chromsaures Bleioxyd, gebranntes Elfenbein u. s. w. ersetzt. Die marmorirten Lacke werden durch Malaxiren verschiedenartig gefärbter Massen erzeugt. Zu den geringeren Siegellacksorten und zu dem sogenannten Packlack nimmt man anstatt des Zinnobers Mennige und zuweilen auch rothes Eisenoxyd; das Gummilack wird bei diesen Sorten durch ein Gemenge von Colophonium und gepulvertem Gyps oder Kreide ersetzt.

Asphalt. Asphalt (Erdharz, Judenpech) ist ein schwarzes, glänzendes, zerbrechliches Harz, das wahrscheinlich durch allmälige Oxydation von Steinöl entstanden ist und in grosser Menge auf der Insel Trinidad an der Nordküste von Südamerika vor der Mündung des Orinoco, auf dem todten Meere schwimmend, in Frankreich und Neapel gefunden wird. Man benutzt es zu schwarzem Lack, zum Aetzgrund für Kupferstecher, als dunkelbraune Lasurfarbe in der Oelmalerei etc. Man verwendet den Asphalt ferner mit Kalk und Sand gemischt zur Pflasterung, deren Dauer-

haftigkeit und Vorzüge sich darauf gründen, dass die Masse ungeachtet der grossen Entzündlichkeit des Asphalts wegen des Zuschlags bei Feuersbrünsten nicht anbrennt, und dass dieselbe durch den Zuschlag hinreichend elastisch ist, um sich bei starker Hitze ausdehnen und bei starker Kälte wieder zusammenziehen zu können, ohne zu springen. Zur Asphaltpflasterung nimmt man Erdharzkitt von Seyssel (*mastix bitumineux*)*), brennt denselben in Pfannen zu Staub und mengt das Pulver mit Sand, dass auf 30—40 pCt. Kalk in der Mischung 20—40 pCt. Asphalt kommen. Vor der Anwendung wird die Masse geschmolzen und auf die Stelle, die gepflastert werden soll, ausgegossen, mit einer eisernen Schiene geebnet, mit heissem Sande überstreut und mittelst eines Bretes ebengeschlagen. Anstatt des Asphaltpflasters hat man und zwar mit vielem Erfolg das von Busse erfundene Terresin (siehe S. 479) angewendet. Sehr häufig stellt man künstlichen Asphalt durch Eindicken des Theers der Gasfabriken dar.

Kautschuk. Das Kautschuk (Caoutchuk, Federharz, Gummi elasticum) wird in den Milchsäften vieler Pflanzen, namentlich der Urticeen, Euphorbiaceen und Apocyneen angetroffen. In grösserer Menge findet es sich im Milchsaft der *Siphonia cahucu*, woraus man es in Südamerika darstellt. Das ostindische wird von *Urceola elastica* erhalten. Ausserdem findet es sich noch in *Ficus religiosa* und *F. indica*. Man gewinnt das Kautschuk, indem man Einschnitte in die Bäume macht und mit dem ausfliessenden rahmähnlichen zähen Milchsaft wiederholt Thonfiguren von Thieren, Nachbilder des menschlichen Fusses und birnförmige Körper etc. überzieht. Nachdem der Saft an der Sonne oder über Feuer getrocknet worden ist, wird der Thon durch Klopfen oder durch Aufweichen in Wasser entfernt. Das zurückbleibende Kautschuk hat die Gestalt der Thonform, meist die von Flaschen oder Beuteln, häufig auch die von Platten. Letztere führen den Namen Gummispeck. Das Kautschuk ist im zusammenhängenden Zustande durchsichtig, in dünnen Lagen weiss, in dicken etwas gelblich. Es hat keine Spur von faseriger Textur, ist vollkommen elastisch und wird beim Ausziehen unklar und faserig. In der Kälte wird es fest und ist dann schwierig biegsam, aber nicht spröde. Sein spec. Gewicht ist 0,925. Durch heisses Wasser und durch Wasserdampf wird das Kautschuk weiss, ausserdem aber nicht verändert. In Weingeist ist es unlöslich. Durch Chlor, verdünnte Säuren, durch Alkalilaugen wird es nicht verändert, durch concentrirte Schwefelsäure und Salpeter-

*) Zu Seyssel im Departement Ain findet sich Kalkstein, der bis zu 18 pCt. mit Asphalt durchdrungen ist. Aus diesem Kalkstein stellt man zu Seyssel den Erdharzkitt auf folgende Weise dar: Man zieht mittelst siedenden Wassers den Asphalt aus, mengt 7 Th. des so erhaltenen Asphalts in 90 Th. gepulverten, asphalthaltigen Kalkstein und mahlt die trocken gewordene Masse. Aehnliche Asphaltsteine finden sich zu Limmer bei Hannover, zu Lobsann im Departement des Niederrheins, zu Val de travers im Canton Neufchatel.

säure dagegen schnell zerstört. Wenn man stark ausgedehntes Kautschuk einige Minuten in kaltes Wasser taucht, so ist es nach dem Herausnehmen aus dem Wasser unelastisch, erlangt aber beim Tauchen in bis auf 45° erwärmtes Wasser seine frühere Elasticität wieder. Beim Erwärmen wird das Kautschuk weicher, schmilzt bei ungefähr 200° zu einer schmierigen Masse, die nach dem Erkalten nicht wieder fest wird. Bei Zutritt der Luft erhitzt, brennt es mit leuchtender und russender Flamme. Bei der trocknen Destillation erhält man aus dem Kautschuk Oele, die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen (Kautscheen, Heveen u. s. w.), und sich besonders als Auflösungsmittel für Kautschuk eignen. Das Kautschuk besteht aus $C_8 H_7$ (in 100 Theilen aus 87,5 Kohlenstoff und 12,5 Wasserstoff); sehr wahrscheinlich ist es aber ein Gemenge verschiedenartiger Verbindungen. Das Kautschuk verbindet sich mit dem Schwefel und bildet damit das vulkanisirte Kautschuk (s. unten).

Lösungsmittel des Kautschuk.

Das Kautschuk löst sich in weingeistfreiem Aether, in den durch trockne Destillation des Kautschuks entstehenden Oelen, in einem ähnlichen, welches sich bei der Destillation der Steinkohlen bildet, in gereinigtem Terpentin- und Steinöl und in Schwefelkohlenstoff. Die Lösung in Aether ist in technischer Beziehung nicht brauchbar, weil sie so wenig Kautschuk enthält, dass sie eine kaum bemerkbare Menge desselben hinterlässt. Mit Terpentinöl findet weniger ein Auflösen, als ein Aufquellen des Kautschuks statt; um die Klebrigkeit der Oberfläche dieser Lösung zu beseitigen, stellt man aus 1 Th. Kautschuk und 11 Th. Terpentinöl einen dünnen Brei her und rührt in diesen $^1/_2$ Th. einer heissen concentrirten Lösung von Schwefelkalium ($K S_5$) in Wasser ein; die so erhaltene gelbe Flüssigkeit hinterlässt das Kautschuk vollkommen elastisch und nicht klebrig. Die Lösung in Steinkohlentheeröl eignet sich vorzugsweise, um Stücke Kautschuk zu vereinigen; leider hängt solchen Gegenständen der unangenehme Geruch des Oeles lange Zeit an. Das vorzüglichste Lösungsmittel ist unstreitig der Schwefelkohlenstoff; diese Lösung trocknet äusserst schnell ein und hinterlässt das Kautschuck unverändert und geruchlos.

Verarbeitung und Anwendung des Kautschuk.

Das Kautschuk dient zum Auswischen der Bleistiftstriche, zum Wegnehmen von Schmutz auf Papier, zur Darstellung von Platten, Fäden, Schnüren, Röhren, zur Fabrikation wasserdichter Zeuge, zu Kitt und zur Darstellung von vulkanisirtem Kautschuk.

Vulkanisirtes Kautschuk.

Wenn man Kautschuk längere Zeit in geschmolzenen Schwefel taucht, so geht eine Art von Cementation vor sich, das Kautschuk nimmt Schwefel auf und verwandelt sich dadurch in eine gelbliche, ausserordentlich elastische Masse, in das vulkanisirte Kautschuk, welches 1815 von Hancock erfunden worden ist und in der neuesten Zeit vielfache Anwendung gefunden hat. Es hat folgende Eigenschaften: es behält seine Elasticität und Weichheit selbst bei niederer Temperatur

bei, während das gewöhnliche Kautschuk schon bei 3⁰ hart und steif wird; es wird durch die gewöhnlichen Lösungsmittel des Kautschuks nicht angegriffen; es widersteht endlich dem Zusammendrücken in hohem Grade. Das ältere Verfahren zum Vulkanisiren besteht darin, dünne Platten von Kautschuk in geschmolzenen, bis auf 120⁰ erhitzten Schwefel zu tauchen, 10—15 Minuten darin zu lassen (wodurch sich das Gewicht des Kautschuks um 10—15 pCt. vermehrt), sodann zwischen Cylindern tüchtig durchzukneten und endlich noch bis auf 150⁰ zu erhitzen. Um das Effloresciren von Schwefel zu vermeiden, das bisweilen auf dem nach dieser Methode vulkanisirten Kautschuk vorkommen soll, ist vorgeschlagen worden, das auf 100—120⁰ erhitzte Kautschuk durch Kneten mit Kermes (rothem Schwefelantimon, $SbS_3$), oder einer Mischung von Schwefel mit Schwefelarsenik zu vulkanisiren. Die jetzt häufig angewendete Methode des Vulkanisirens ist die von Parkes in Birmingham, nach welcher man das Kautschuk in ein Gemenge von 40 Th. Schwefelkohlenstoff und 1 Th. Schwefelchlorür (vergl. S. 74) taucht und dasselbe sodann in einer bis auf 21⁰ erwärmten Kammer aufhängt, bis aller Schwefelkohlenstoff verraucht ist. Darauf lässt man das Kautschuk zur Entfernung des nicht chemisch gebundenen Schwefels in einer aus 500 Gr. Aetzkali und 10 Litern Wasser bestehenden Flüssigkeit sieden und wäscht dann, bis das ablaufende Wasser nicht mehr alkalisch reagirt. — Das auf diese Weise vulkanisirte Kautschuk sieht schwarz aus und färbt nicht ab, wie das durch Eintauchen in Schwefel dargestellte. Die zu vulkanisirenden Gegenstände werden zuerst aus gewöhnlichem Kautschuk fertig gemacht, weil das vulkanisirte Kautschuk nicht klebt, auch nicht mit gewöhnlicher Kautschuklösung zusammengeklebt werden kann. Man benutzt das vulkanisirte Kautschuk zu wasserdichten Gefässen, zu Flaschen zur Aufbewahrung des Aethers, zu Buchdruckerwalzen, zu Gasleitungsröhren, zu Spritzenschläuchen, zu biegsamen Pfeifenröhren, zu Cigarrenspitzen, zu Eisenbahnpuffern, anstatt der bisher gebräuchlichen Wagenfedern, zu Billardbanden etc.

Wenn das vulkanisirte Kautschuk zur Fabrikation der Kautschukkämme bestimmt ist und, um den Horne ähnlich zu sein, eine gewisse Härte haben muss, incorporirt man demselben Schellack und eine Quantität sehr fein gepulverter Magnesia.

Gutta Percha. Die Gutta Percha, Gutta tuban oder das Gummi Gettania ist ein dem Kautschuk in vieler Beziehung ähnlicher eingetrockneter Milchsaft der *Isonandra Gutta*, eines an den Ufern der Meerenge von Malaca, Borneo, Singapore und den benachbarten Gegenden wachsenden Baumes. Zur Gewinnung der Gutta Percha macht man Einschnitte in die Bäume, oder fällt und schält dieselben; der ausfliessende Milchsaft wird in Trögen und in Gruben, oder auf Blättern des Bananenbaums aufgesammelt und coaguliren gelassen. Die einzelnen Stücke der Gutta Percha werden in heissem Wasser erweicht und dann durch Pressen zu einem Ganzen vereinigt. Die rohe Gutta Percha erscheint, so wie sie

in den Handel kommt, als eine trockne, röthlich marmorirte Masse, die zusammengeballten Leder schnitzelnnicht unähnlich ist. Sie enthält viele Unreinigkeiten, Sand, rothe Substanz, Rindentheile u. s. w. Die reine Gutta Percha ist fast weiss; die braune Farbe wird durch quellsatzsaure Salze von Magnesia, Ammoniak, etwas Kali und Spur von Manganoxydul verursacht. Die Gutta Percha ist ein Gemenge mehrerer sauerstoffhaltiger Harze, die Oxydationsproducte eines Kohlenwasserstoffes von der Formel $C_{40} H_{60}$ zu sein scheinen. Payen fand die Gutta Percha bestehend aus reiner Gutta 75—80 Th., einem weissen krystallisirbaren Harz, Alban, 14—16 Th. und einem gelben amorphen Harz, Fluavil, 4—6 Th. Vor der Verarbeitung wird die Gutta Percha durch Erweichen, Kneten zwischen Walzen und Pressen gereinigt. Die gereinigte Masse erscheint von brauner Farbe, ist in dicken Stücken undurchsichtig und in dünnen Blättchen wie Horn durchscheinend. Bei gewöhnlicher Temperatur ist sie zähe, sehr steif, wenig elastisch und wenig dehnbar. Man hat gefunden, dass jeder Quadratzoll des Durchschnittes eines Riemens von Gutta Percha mit 1872 Kilogrammen belastet werden musste, ehe er riss. Das spec. Gewicht ist 0,979. Bei $50^0$ wird die Gutta Percha weich, bei 70—$80^0$ leicht knetbar und formbar, so dass bei dieser Temperatur, zwei Stücke aneinander gedrückt, sich vollkommen zu einem Stück vereinigen. In der Wärme lässt sie sich leicht auswalzen, zu Fäden ziehen und auch mit Kautschuk zusammenkneten.

Lösungsmittel der Gutta Percha. Die Gutta Percha ist in Wasser, Weingeist, verdünnten Säuren und Alkalilösungen unlöslich, in erwärmtem Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Steinkohlentheeröl und Kautschuköl zu einer dicklichen Flüssigkeit auflöslich. Durch Aether und ätherische Oele schwillt die Gutta Percha an und bildet einen zähen Teig. In siedendem Wasser wird die Gutta Percha weich, die Stücke quellen auf und werden klebrig und fadenziehend, wobei sie einige Procente Wasser aufnehmen, was sie sehr langsam wieder abgeben. Im getrockneten Zustande ist die Gutta Percha ein sehr guter Isolator für die Elektricität.

Anwendung der Gutta Percha. Die Anwendung der Gutta Percha ist jetzt schon eine sehr ausgedehnte und wird es immer mehr und mehr werden. Weil sie nicht wie das Leder durch Feuchtigkeit leidet, so verfertigt man daraus Röhren für Pumpen, Wasserleitungen, Stiefelsohlen, Schläuche etc. Besonders die Treibriemen aus Gutta Percha haben entschiedene Vorzüge vor den ledernen; diese Vorzüge bestehen darin, dass sie durch Wasser und Feuchtigkeit unangreifbar sind, beim Nasswerden ohne Störung gehen und sich durch sanften gleichförmigen Gang auszeichnen, wodurch Axen und Lager der Maschinen geschont werden; sie sind von grösserer Dauer und wohlfeiler herzustellen als Lederriemen, haben bei jeder beliebigen Länge, Breite und Stärke weder Schnalle noch Nath, können leicht und auf der Stelle ausgebessert werden und haben selbst abgenützt noch einen verhältnissmässig hohen Werth. Man verwendet die Gutta Percha ferner

zum Abformen von Holzschnitten, zum Ueberziehen der Drähte der elektrischen Telegraphen (wobei sich jedoch die Anwendung der Gutta Percha nicht bewährt hat), zu Abdrücken von Medaillen, zum Plombiren der Zähne, zu mancherlei Luxusgegenständen wie Spazierstöcken, Reitpeitschen, Säbel- und Messergriffen, ferner Knöpfen, Schaalen, chirurgischen Apparaten etc. Zuweilen wird die Gutta Percha auch zu sehr dünnen Blättchen ausgewalzt, die man anstatt thierischer Blase oder Taffet zum Schutze gegen Feuchtigkeit und Luftzutritt benutzt. Eine Eigenthümlichkeit der Gutta Percha ist, dass sie zuweilen durch jahrelanges Liegen ihre Geschmeidigkeit dergestalt verliert, dass sie zu Pulver zerrieben werden kann.

Gemenge von Gutta Percha mit Kautschuk. Häufig benutzt man jetzt ein Gemenge von 1 Th. Gutta Percha mit 2 Th. Kautschuk, das in Bezug auf seine Eigenschaften in der Mitte zwischen beiden Substanzen steht. Es kann auf ähnliche Weise wie die Gutta Percha vulkanisirt werden. Ein Gemisch von gleichen Theilen Kautschuk- oder Guttaperchaabfällen mit Schwefel, das man mehrere Stunden lang einer Temperatur von $120^0$ aussetzt, hat ähnliche Eigenschafteu wie Knochen, Horn u. s. w. Als Zusatz zu der Masse empfiehlt man Gyps, Harze, Bleiverbindungen u. s. w. Dieses Gemisch soll zur Anfertigung von Messerheften, Thürklinken, Knöpfen etc. dienen.

Firniss. Firnisse. Unter Firniss versteht man eine Flüssigkeit von öl- oder harzartiger Beschaffenheit, die zum Ueberziehen von Gegenständen benutzt wird, und auf denselben nach dem Trocknen einen dünnen Ueberzug hinterlassen soll, der sie vor der Einwirkung der Luft und des Wassers schützt, und ihnen eine glatte glänzende, zur Verzierung dienende Oberfläche giebt. Man unterscheidet Oel-, Weingeist- und Terpentinölfirnisse. Zur Darstellung der Oelfirnisse wendet man gewöhnlich Leinöl, seltener und nur für einzelne Zwecke Mohn- und Nussöl an. Das Leinöl besitzt die Eigenschaft, an der Luft allmälig zu einer zähen durchsichtigen Masse einzutrocknen; es findet dies aber nur sehr langsam und unvollständig statt. Diese Eigenschaft tritt weit vollkommener hervor, wenn das Oel vorher längere Zeit bei Zutritt der Luft unter Zusatz gewisser oxydirender Mittel einer höheren Temperatur ausgesetzt wird. Das Trocknen des Oelfirniss geht nicht vor sich durch Ausdünstung, sondern dadurch, dass der Firniss Sauerstoff aufnimmt und sich in eine feste Substanz verwandelt; je schneller diese Oxydation vor sich geht, desto vorzüglicher ist der Firniss. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Oxydation um so schneller fortschreitet, je stärker sie eingeleitet worden ist. Man pflegt deshalb die Umwandelung des Leinöls in Firniss dadurch zu bewirken, dass man das Oel mit solchen Körpern erhitzt, die Sauerstoff abgeben können, die ferner die Eigenschaft haben, die in dem Oel befindlichen Unreinigkeiten zu binden oder zu zerstören. Derartige Körper sind Bleiglätte, Zinkoxyd, Braunstein, Salpetersäure u. s. w. Am vortheilhaftesten geschieht die Darstellung des Lein-

ölfirniss durch Erwärmen des Leinöles im Wasserbade, unter Zusatz der erwähnten Oxyde; diese Oxyde senkt man zweckmässig in gröblich gepulvertem Zustande (man rechnet 1 Th. der beiden erstgenannten Oxyde auf 16 Th. Oel, 1 Th. Braunstein auf 10 Th. Oel), in leinene Beutel gefüllt in das im Kessel befindliche Oel ein. Sie lösen sich zum Theil als ölsaure Oxyde auf, theils verbinden sie sich mit den im Oel enthaltenen Unreinigkeiten und bilden mit denselben einen Bodensatz. Nicht unwahrscheinlich ist es auch, dass namentlich die Bleiglätte und das Zinkoxyd als Zusatz bei der Firnissbereitung dazu dienen sollen, die Fettigkeit des in dem Oel enthaltenen Palmitins zu zerstören, indem sie mit der Palmitinsäure ein Pflaster, eine trockne, harzige Substanz bilden. Die Anwendung des schwefelsauren Zinkoxydes (Zinkvitriol) beim Sieden des Firniss scheint nicht den beabsichtigten Nutzen zu haben. Brotrinden, Zwiebeln, Mohrrüben, die man häufig dem Oel während des Siedens zusetzt, haben den einzigen Nutzen, dass sie durch ihr Braunwerden, bis zu dessen Erscheinen man das Oel zu sieden pflegt, die Beendigung des Siedeprocesses anzeigen. Ein Leinölfirniss, der, wie es jetzt häufig geschieht, mit Zinkweiss angerieben wird, darf kein Bleioxyd enthalten. Als Trockenmittel (Siccativ) zur Anwendung des Zinkweiss als Anstrichfarbe wendet man mit Braunstein bereiteten Oelfirniss an. Je niedriger die Temperatur beim Firnisssieden war, desto heller ist die Farbe des Firniss. Für Firnisse, bei denen helle Farbe Erforderniss ist, wendet man nach dem Sieden folgendes Bleichverfahren an. Man bringt den Firniss in 3 Zoll hohe, hinreichend lange und breite Kästen von Blech oder noch besser von Blei, deren Deckel durch eine Glasplatte gebildet wird, und setzt denselben darin einen Sommer lang der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus. v. Liebig hat folgende Vorschrift zur Bereitung eines hellen Firniss gegeben: Man mengt 1 Pfund Leinöl mit 1 Loth fein geriebener Bleiglätte, setzt dann 2 Loth Bleiessig hinzu und schüttelt stark um, nach einiger Zeit hat sich die Bleiglätte mit dem Bleiessig abgesetzt und man hat einen leicht trocknenden Firniss von weisser Farbe. Nach Barruel und Jean wird die Verharzung des Leinöles und borsaures Manganoxydul bewirkt; 1 Th. desselben soll zur schnellen Trocknung von 1000 Th. Oel ausreichen.

Tapetenfirniss. Der zur Befestigung von Gold oder Tuchscheererwolle auf Tapeten etc. angewendete Firniss ist eine Auflösung von Leinölbleipflaster in Terpentinöl, die man darstellt, indem man Leinöl mit Kali- oder Natronlauge verseift, den mit Wasser verdünnten Seifenleim mit Bleiessig fällt und die aus Bleipflaster bestehende klebrige Masse in der hinlänglichen Menge Terpentinöl auflöst.

Buchdruckerschwärze. Die Buchdruckerschwärze oder der Druckerfirniss ist nichts als ein sehr consistenter, schnell trocknender Oelfirniss, der mit Russ vermischt worden ist. Zur Darstellung erhitzt man Lein- oder Nussöl über freiem Feuer in kupfernen Kesseln, die zur Hälfte damit

angefüllt sind, bis über seinen Siedepunkt, wobei sich viele brennbare, unangenehm riechende Dämpfe entwickeln. Früher pflegte man die Dämpfe zu entzünden, jetzt zieht man es vor, das Erhitzen in mit Helm versehenen Blasen vorzunehmen. Da hierbei die Farbe des Firniss etwas Unwesentliches ist, so braucht das Oel nur längere Zeit bei stark erhöhter Temperatur behandelt zu werden, bis es so dickflüssig geworden ist, dass es schäumt und steigt und einen grauen Rauch von sich giebt. Wenn eine Probe auf einem kalten Teller eine dickliche Beschaffenheit zeigt, und sich zwischen den Fingern in Fäden ziehen lässt, so ist der Firniss zu seiner Anwendung tauglich. In diesem Zustande trocknet der Firniss, mit etwa 16 pCt. Kienruss abgerieben, leicht und schnell. Ist derselbe nicht hinlänglich gekocht, so läuft die damit gedruckte Schrift aus, es ziehen sich Oeltheile in das Papier und die Schrift erscheint mit einem gelben Rande und färbt sich ab. Soll der Druck nicht schwarz sein, sondern roth, blau etc., so vermischt man den Firniss mit Zinnober, mit Pariserblau, Indig u. s. w. Für den Steindruck muss der Firniss consistenter sein, als für den Bücherdruck. Die Kupferdruckschwärze ist ein Gemisch von steifem Firniss mit Frankfurter Schwarz.

Oellackfirnisse. Die Oellackfirnisse (fette Firnisse) sind Auflösungen von Harzen in Leinölfirniss, die gewöhnlich mit Terpentinöl verdünnt werden. Von den Harzen wendet man Bernstein, Copal, Animeharz, Dammarharz und Asphalt an. Um diese Firnisse darzustellen, schmilzt man den Bernstein oder den Copal in einem Kessel über gelindem Kohlenfeuer in einem derartig construirten Ofen, dass der Kessel nur wenig in den Herd hineinreicht und das Feuer nur den Boden des Kessels berührt. Nachdem das Harz geschmolzen ist, giesst man die erforderliche Menge siedenden Leinölfirnisses in den Kessel, der aber höchstens bis zu $^2/_3$ angefüllt sein darf und lässt das Gemisch ungefähr 10 Minuten lang sieden. Darauf nimmt man den Kessel vom Feuer, lässt ihn bis auf ungefähr 140$^0$ abkühlen und setzt dann die nöthige Menge Terpentinöl hinzu. Die Gewichtsverhältnisse sind 10 Th. Copal oder Bernstein, 20—30 Th. Oelfirniss, 25—30 Th. Terpentinöl. Schwarzen Asphaltfirniss erhält man durch gleiche Behandlung mit 3 Th. Asphalt, 4 Th. Firniss, 15—18 Th. Terpentinöl.

Der dunkle Bernsteinfirniss wird nicht aus dem Bernstein, sondern aus dem Rückstand, dem Bernsteincolophonium, bereitet, der bei der Destillation des Bernsteinöles und der Bernsteinsäure in dem Destillirgefässe zurückbleibt.

Die Oellackfirnisse sind die festeten und dauerhaftesten Firnisse; sie trocknen aber etwas langsam und sind stets mehr oder minder gefärbt.

Terpentinölfirniss. Die Weingeistlackfirnisse sind Auflösungen gewisser Harze, wie Sandarac, Mastix, Dammar, Gummilack, Anime u. s. w. in Weingeist. Eigenschaften eines guten Weingeistlackfirniss

sind: schnell zu trocknen, eine glänzende Oberfläche zu bilden, fest zu haften und weder zu spröde, noch zu klebend zu sein. Der Name Lackfirniss oder Lack ist von der Auflösung des Gummilacks, als des gebräuchlichsten Harzes, auf alle Harzfirnisse übertragen worden. Man wendet einen starken, mindestens 92procentigen Weingeist an. Die Auflösung der gepulverten Harze wird dadurch befördert, dass man sie mit einem Drittheil ihres Gewichtes grob gepulverten Glases vermischt. Um den Ueberzug weniger spröd zu machen, setzt man meist Terpentin hinzu. Sandaracfirniss erhält man durch Auflösen von 10 Th. Sandarac, 1 Th. venetian. Terpentin in 30 Th. Weingeist. Dauerhafter ist der Schellackfirniss, den man durch Auflösen von 1 Th. Schellack in 4—5 Th. Weingeist darstellt. Die Schreinerpolitur ist eine Auflösung von Schellack in vielem Weingeist, die, wenn sie auf weisses Holz angewendet werden soll, durch Filtration durch Thierkohle entfärbt wird. Der Copalfirniss übertrifft an Härte und Dauerhaftigkeit den Schellackfirniss. Zu seiner Darstellung wird der Copal vorher geschmolzen, wobei aber nicht vermieden werden kann, dass er sich dabei mehr oder weniger färbt; der geschmolzene Copal wird gepulvert, mit Sand gemengt, mit starkem Weingeist übergossen, im Wasserbade längere Zeit im Sieden erhalten und die Lösung sodann filtrirt. Damit der Firniss etwas weicher werde, mischt man etwas Terpentin oder eine Auflösung von Elemiharz hinzu. Um farblosen Copalfirniss zu erhalten, bringt man 6 Loth zerstossenen Copal in einem gut verschlossenen Gefässe in eine Mischung von 6 Loth Weingeist von 98° Tralles, 4 Loth Terpentinöl und 1 Loth Aether und erwärmt gelinde. Die Auflösung des Copals erfolgt sogleich und der erhaltene Firniss wird durch freiwilliges Absetzen geklärt.

Gefärbte Weingeistlackfirnisse.

Um gefärbte Lackfirnisse zu erhalten, die man benutzt, um feine Gegenstände aus Messing und Tomback vor dem Anlaufen durch die Luft, durch Angreifen u. s. w. zu schützen, um ferner derartigen Waaren eine schönere goldähnliche Farbe zu ertheilen, die auch benutzt werden können, um Zinn, Weissblech, selbst Eisen ein entfernt goldähnliches Ansehen zu geben, wendet man die sogenannten Goldfirnisse an, die am zweckmässigsten auf folgende Weise dargestellt werden. Man bereitet sich getrennte weingeistige Auszüge von Gummigutt uud Drachenblut und setzt diese versuchsweise zu einem Lackfirniss, der aus 2 Th. Körnerlack, 4 Th. Sandarac, 4 Th. Elemiharz, 40 Th. Weingeist erhalten worden ist, bis man die gewünschte Farbe erreicht hat.

Terpentinöllackfirnisse.

Die Terpentinöllackfirnisse werden auf dieselbe Weise wie die Weingeistlackfirnisse dargestellt. Sie trocknen langsamer, sind aber dagegen weniger spröde, geschmeidiger und haltbarer. Den gewöhnlichsten Terpentinöllackfirniss stellt man durch Auflösen von Fichtenharz in Terpentinöl dar; er ist jedoch wenig dauerhaft und erhält nach einiger Zeit Risse. Der Copalfirniss mit Terpentinöl wird entweder

mit ungeschmolzenem oder mit geschmolzenem Copal dargestellt; der auf letztere Weise erhaltene Firniss ist gefärbt. Der ungeschmolzene Copal wird am besten mit Terpentinöl behandelt, indem man letzteres in Glaskolben im Sandbade erhitzt, und den Copal in leinene Säckchen gebunden über dem Oel aufhängt. Der durch die heissen Terpentinöldämpfe gelöste Copal tropft in das Oel herab und verdünnt sich damit. Der mit Terpentinöl dargestellte Dammarlackfirniss ist ein jetzt häufig angewendeter, nicht sehr dauerhafter, aber farbloser Lackfirniss. Zu seiner Darstellung wird ausgesuchtes Dammarharz in gröblich gepulvertem Zustande längere Zeit erwärmt, um es vollständig zu trocknen und dann in der 3—4 fachen Gewichtsmenge Terpentinöl gelöst. Grünen Terpentinöllackfirniss stellt man dar, indem man Sandarac oder Mastix in concentrirter Kalilauge auflöst, mit Wasser verdünnt und die Flüssigkeit durch essigsaures Kupferoxyd niederschlägt; der Niederschlag wird getrocknet und in Terpentinöl aufgelöst.

Schleifen und Poliren des getrockneten Lackfirniss.

Um die Glätte der Lackirung, namentlich auf Metallwaaren zu erhöhen und einen spiegelähnlichen Glanz hervorzubringen, pflegt man den vollständig getrockneten Lackfirniss zu schleifen und zu poliren. Das Schleifen wird durch Abreiben mit Filz, der befeuchtet in fein geschlämmtes Bimsteinpulver getaucht ist, vorgenommen, das Poliren vermittelst geschlämmten Tripels und Olivenöls, zuletzt zur vollständigen Entfernung des Oeles durch Reiben mit Weizenstärkmehl.

Anstatt der gewöhnlichen Firnisse und Lacke hat man in der neueren Zeit angefangen, Auflösungen von Schiessbaumwolle in Aether (Collodium) und Wasserglaslösung zur Erzeugung glasähnlicher glänzender Ueberzüge anzuwenden.

Kitte.

Kitte. Mit diesem Namen bezeichnet man zusammengesetzte Körper, welche gewöhnlich im breiartigen Zustande zwischen die Flächen zweier einander genäherten Körper gebracht, dieselben nach dem Erhärten zu einem einzigen vereinigen. In dieser Beziehung muss das Löthen, das Mauern mit Kalk und Cement, das Leimen und Kleistern zu den Operationen des Kittens gezählt werden. Wir sehen aber von den Metall-, Leim- und Kalkkitten ab und betrachten hier nur die Oel- und die Harzkitte.

Oelkitte.

Die Oelkitte werden meist durch Mischen von Leinöl- oder Copalfirniss mit Bleiweiss, Bleiglätte oder Mennige dargestellt, sie haben aber sämmtlich das Unangenehme, erst in einigen Wochen vollständig zu erhärten. Der Glaserkitt, dessen man sich zur Befestigung der Fensterscheiben in die Holzrahmen bedient, wird durch Zusammenstossen von Kreide mit Leinölfirniss erhalten. Als Kitt (Oelcement) für Dampfröhren wendet Stephenson ein Gemenge aus 1 Th. feinstem Sand, 1 Th. zerfallenem Kalk, 2 Th. Bleiglätte an, das mit erwärmtem Leinölfirniss angestossen wird. Als Kitt zum Verstreichen der Fugen

bei der Destillation von Säuren empfiehlt man geschmolzenes Kautschuk mit siedendem Leinöl zu lösen und diese Flüssigkeit mit Pfeifenthon zu mengen.

Harzkitte. Die Harzkitte werden häufiger angewendet als die Oelkitte, vor welchen letzteren sie den Vorzug haben, dass sie bei völliger Wasserdichtigkeit sogleich hart werden; sie sind entweder nur feingepulverte Harze, die man zwischen die zu kittenden Gegenstände bringt, worauf man dieselben bis zum Schmelzen des Harzes erhitzt und dann die Flächen schnell aneinander drückt, oder sie sind Lösungen von Harzen in Alkohol. Ein empfehlungswerther Kitt zur Befestigung von Glas auf Glas, oder von Porcellan, Stahl u. s. w. wird auf folgende Weise dargestellt: Man löst Mastix in der möglichst geringen Menge Alkohol und versetzt diese Flüssigkeit mit einer concentrirten Hausenblaselösung, in welche man vorher einige Stückchen Galbanum oder Ammoniakgummi durch Reiben fein zertheilt hat. Das Gemisch wird in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt und beim Gebrauche gelind erwärmt. — Ein häufig zum Auskitten von Wasserbehältern u. s. w. angewendeter Steinkitt besteht aus 8 Th. Pech, 1 Th. Wachs, $^1/_4$—$^1/_2$ Th. Gyps; ein fester Porcellankitt aus 3 Th. Schwefel, 2 Th. weissem Harz, $^1/_2$ Th. Schellack, 1 Th. Mastix, 1 Th. Elemi, 3 Th. Ziegelmehl. — Der bekannte

Marineleim. Marineleim (*Glu marine*) von Jeffery, der zum Kalfatern der Schiffe, zum Leimen aller dem Wasser ausgesetzten Holz- und Metalltheile Anwendung findet, wird dargestellt, indem man Kautschuk in 12 Th. Steinkohlentheeröl, Steinöl oder Terpentinöl auflöst und die Lösung mit doppelt so viel Asphalt oder Gummilack oder auch beiden

Eisenkitt. versetzt. — Als Eisenkitt empfiehlt man ein Gemenge von 60 Th. gepulverten Gusseisendrehspänen, 2 Th. Salmiak und 1 Th. Schwefel mit Wasser zu einem Brei angerührt, zwischen die Fugen des Eisens einzudrücken; es erhitzt sich unter Schwefelwasserstoffentwickelung und wird fest. Werden die gekitteten Theile der Glühhitze ausgesetzt, so mengt man 4 Th. Eisenfeilspäne mit 2 Th. Thon und 1 Th. gepulverten Porcellankapseln, und rührt das Gemenge mit einer Auflösung von Kochsalz zu einem Teig an, den man einpresst.

# IV. Die Thierstoffe und ihre technische Anwendung.

## Die Wolle.

Wolle im Allgemeinen.

Die Wolle (thierische Wolle) unterscheidet sich von dem thierischen Haare dadurch, dass die Fasern der ersten spiralförmig gekräuselt, die des letzteren aber geradeaus gehend sind. In der speciellen Bedeutung versteht man unter Wolle das gekräuselte Haar der Schafe, während man in der allgemeinen Bedeutung alle gekräuselten Haare überhaupt Wolle nennt. In chemischer Beziehung besteht die Wolle in ihrer Hauptmasse aus einem schwefelreichen eiweissähnlichen Körper, dem Keratin (Proteinbisulfid), ist aber in dem Zustande, wie sie von den Thieren kommt, mit Schweiss, Staub u. s. w. verunreinigt. Die mit Alkohol und Aether ausgekochte Wolle besteht nach Scherer aus 17,710 Th. Stickstoff, 50,653 Th. Kohlenstoff, 7,029 Th. Wasserstoff, 24,608 Sauerstoff, Schwefel und mineralischen Bestandtheilen. Unter dem Mikroskop erscheint die Faser der Wolle cylindrisch, mit einer gesprungenen Haut überkleidet, die ihr ein schuppiges Ansehen giebt (siehe nebenstehende Fig. 130).

Fig. 130.



Die Wolle ist je nach dem Schafe von verschiedener Güte; die vorzüglichste ist die spanische. Die der Merinoschafe ist die beste Sorte der spanischen Wolle. Die in Deutschland erzeugte Wolle ist die gemeine Landwolle, halbver-

edelte oder ganz veredelte Wolle, welche beiden letzteren Sorten aus der Paarung deutscher Mutterschafe mit Widdern von spanischer Zucht und umgekehrt hervorgegangen sind. Die feine Kaschmirwolle rührt von einer besondern Art von Schafen her, die an der östlichen Seite des Himalajagebirges weiden. Die Kämelwolle (Kämelhaar, Mohair, Tiftik) besteht aus dem seidenartigen, wenig gekräuselten Haare der Kämelziege oder angorischen Ziege (*Capra angorensis*), die in Angora in Kleinasien lebt. Die Vicognewolle ist das ebenfalls nur wenig gekräuselte Haar des Vicogne oder des Schafkamels (*Auchenia Vicuna*), das in den Gebirgen Mittel- und Südamerikas lebt. Die Alpakawolle (Alpaguahaar, Pakoshaar) besteht in den langen flaumartigen Haar der Alpagua (Alpako, Pako), einer in Peru etc. lebenden Ziege aus der Gattung Llama. Die Alpakawolle ist länger, aber weniger fein als die Vicognewolle. Versuche, die Alpaguaziege in England und Holland zu acclimatisiren, haben kein sonderlich günstiges Resultat geliefert. Die Einfuhr der Alpakawolle ist dagegen von höchster Bedeutung.

Je nachdem die Wolle von ein- oder zweimal im Jahre geschorenen Schafen herrührt, nennt man dieselbe einschürig oder zweischürig. Unter Vliesswolle versteht man die von lebenden Thieren abgeschorene Wolle. Die Wolle von todten Thieren nennt man Sterblingswolle.

Vorbereitung der Wolle. Waschen.

Um die Wolle von äusserlich anhändenden Unreinigkeiten zu befreien und den Schweiss, mit welchem sie durchdrungen ist, zu entfernen, wird sie gewaschen. Dies geschieht entweder auf dem Thier in fliessendem Wasser, oder nach der Schur in einem eigenthümlichen Waschapparate.

Sortiren.

Die gewaschene Wolle geht aus den Händen des Schafzüchters direct in jene des Fabrikanten über; sie ist von einem und demselben Thiere in ihrer Güte sehr verschieden, daher sie vor dem Gebrauche sortirt werden muss, wobei die weicheren Haare von den gröberen, die längeren von den kürzeren getrennt werden. Die sortirte Wolle führt im Handel die Namen 1) Super-Electa (d. i. die ausgesuchteste Sorte, zuweilen, obgleich fälschlich, Electoral genannt); 2) Secunda (d. i. zweite Sorte); 3) Tertia, Quarta etc.

Eintheilung der Wollverarbeitung.

Die Verarbeitung der Wolle zu Garn und des Garnes zu Tuch oder Zeug begründet zwei Industriezweige, die sich durch Auswahl und Behandlung der sortirten Wolle wesentlich von einander unterscheiden; diese beiden Zweige sind

1) die Streichwollfabrikation, d. h. die Verfertigung gewalkter und rauher Wollstoffe, wie z. B. des Tuches, wozu die Wolle durch Kratzen oder Streichen vorbereitet wird;
2) die Kammwollfabrikation, d. h. die Herstellung glatter Wollstoffe wie des Thibets, wozu man die Wolle durch Kämmen vorbereitet.

Streichwollfabrikation. Vorbereitung.

Streichwollfabrikation. Die sortirte Wolle enthält noch immer eine nicht unbedeutende Menge Schweiss, von welchem sie durch die Fabrikwäsche befreit wird; hierbei wäscht man die Wolle mit alkalischen Flüssigkeiten (gefaultem Harne, Wasser-

glas-, Seifen- oder Sodalösung). Die gewaschene Wolle wird aufgelockert; dies geschieht auf der Zausemaschine und dem Reisswolf (Wolf), welcher letztere ein Behälter ist, in welchem eine horizontale Walze rotirt, welche ebenso wie die inneren Wände des Behälters, mit eisernen Zähnen besetzt ist. Nach dieser Bearbeitung wird sie mit Oel geschmalzt, um ihr eine schlüpfrige Beschaffenheit zu ertheilen, damit die Fasern in der zum weiteren Entwirren bestimmten Maschine nicht reissen.

Die eingefettete und zusammengepresste Wolle muss wieder zertheilt und zum Verspinnen vorbereitet werden, dies geschieht durch die Reiss- oder Brechkämme, Kratzen oder Krempeln, Schrubbeln, Kardätschen und Kniestreichen, wodurch die Wolle zu spindelförmigen Flieden oder Flöthen ausgearbeitet wird, von welcher jede einzelne kleine Walze eine Locke oder Flocke genannt wird. Jetzt bedient man sich jedoch allgemein zum Zertheilen und Vorbereiten der Wolle der von Arkwright im Jahre 1776 construirten Kratz- oder Krempelmaschine; das erste Kratzen geschieht auf der Schrubbelmaschine oder Reisskrempel, welche die Wolle in Gestalt einer pelzähnlichen Fläche abgiebt; zum zweiten Kratzen (Feinkratzen) dient die Lockenmaschine oder Lockenkrempel, aus welcher die Wolle in Gestalt von Locken hervorgeht.

Spinnen der Wolle zu Garne.

Das Spinnen der Wolle zu Vorgespinnst und Feingespinnst (Garn) geht ähnlich wie bei der Baumwolle (p. 365) vor sich. Das

Weben des Streichgarns zu Tuch.

Weben der Garne (Streichgarn) zu Tuch geht meist auf dem Webstuhl (Tuchmacherstuhl) vor sich; Webmaschinen haben in der Tuchmacherei nur ausnahmsweise Anwendung gefunden; bei der beträchtlichen Breite der Tuche, wie sie wegen des Einlaufens beim Walken erforderlich, ist es schwierig, den gewöhnlichen Webstuhl zu ersetzen. So wie das Gewebe den Webstuhl verlässt, hat es das Ansehen einer groben, mit Fett durchdrungenen Leinwand; das gewöhnlich mit Fasern von Stroh und andern fremden Körpern durchsetzt ist. Es führt in diesem Zustande den Namen Loden. Von diesen fremden Körpern wird es durch eine kleine Zange oder durch die Noppmaschine befreit und darauf in der Walkmühle gewalkt. Das Walken hat zum Zweck, das Gewebe von Leim, Fett und Schmutz zu befreien und die Fäden zu verfilzen, so dass die Fäden des Gewebes für das Auge verschwinden. Die Materialien zum Walken sind gefaulter Harn, grüne Seife, Walkerde (vgl. S. 177), Mehl u. s. w.; sie wirken dadurch, dass sie entweder das Fett verseifen oder einsaugen. Das Filzen des Tuches wird in der Walkmühle durch Stossen und Umwenden bewirkt. Nach dem Walken wird

Appretur des Tuches.

das Tuch gewaschen und darauf appretirt. Das Appretiren besteht im Rauhen, Scheren, Decatiren und Pressen. Der Zweck des Rauhens ist, vermittelst Weberkarden (von *Dipsacus fullonum*) oder Weberdisteln die während des Walkens verwirrten Fasern auf der Oberfläche aufzulockern und zum Abscheren vorzubereiten, das mittelst der Handtuchschere oder vermittelst der Schermaschine geschieht. Durch

das Scheren erhält das Tuch eine glatte glänzende Oberfläche, die dadurch noch erhöht wird, dass man das Tuch heissen Wasserdämpfen aussetzt und dann presst. Das Färben des Tuches geschieht, nachdem es gewalkt worden ist. Der Glanz der gepressten Tücher ist ein nur vorübergehender; um denselben einen dauerhaften Glanz zu ertheilen, müssen die Tücher vor dem Verarbeiten 15 — 30 Minuten lang der Einwirkung gespannter heisser Wasserdämpfe ausgesetzt werden. Man nennt diese Operation das Decatiren des Tuchs.

Arten des Tuchs. Das Tuch ist entweder einfärbig oder es ist melirt, d. h. es ist aus vorher gefärbtem Garne von verschiedenartiger Farbe gewebt worden. Zu den tuchartigen Geweben rechnet man Kasimir und Circassienne, Fries (Flaus, Coating, Kalkmuk, Sibirienne, Düffel, Castorin), Molton, Flanell, Bukskin, Lama etc.

Verarbeitung der Wolle zu Zeug. Kammwollfabrikation. Die glatt wollenen Gewebe oder die Zeuge werden nicht gewalkt und geschoren. Man bereitet die Wolle dazu durch Kämmen vor. Der Kamm wird aus drei hinter einander stehenden Reihen von Stahlzähnen gebildet. Der Arbeiter nimmt zwei solche Kämme und bearbeitet zwischen denselben die Wolle, bis die Haare parallel liegen und in beiden Kämmen gleichmässig vertheilt sind. Man wendet dazu einschürige Wolle an. Darauf spinnt man die Kammwolle zu Kammgarn und verwebt dieses auf dem Zeug- oder Raschmacherstuhle. Die bekanntesten der auf diese Weise dargestellten Zeuge sind der Merino und der Thibet, der sich von dem Merino dadurch unterscheidet, dass er keine glänzende Oberfläche hat; Serge, Lasting, Orleans, Kammlot, Perkan, Bombasin, Wollstramin etc. Gemusterte Kammwollenstoffe sind: Beinkleider- und Westenzeuge, Schuhkord, Mantel- und Kleiderstoffe, Möbeldamast u. s. w. Hierher gehören auch die wollenen Shawls (Plaids, Tartans, Kabyles), die Teppiche und Gobelins (Wandtapeten). Sammtartige Wollstoffe sind: Wollsammt, Wollplüsch und Velpel; sie werden mehr oder weniger dicht gewebt, mit längerem oder kürzerem Flor versehen und führen die verschiedenen Specialbenennungen Astrakan, Krimmer, Biber, Utrechter Sammt etc.

## Die Haare.

Haare. Haare sind die dünnen, röhrenförmigen, mehr oder minder biegsamen und elastischen Fäden, welche die Epidermis der Säugethiere bedecken und zum Schutze gegen die Einflüsse der Temperatur und die Verletzung dienen. Sie sind härter und zäher als Wolle. Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Haare ist anzuführen, dass dieselbe fast identisch ist mit der Wolle, den Federn, den Klauen, Nägeln, der Epidermis u. s. w. Gereinigte Haare, gleichviel von welchem Thiere,

bestehen aus 49,78 Th. Stickstoff, 79,48 Th. Kohlenstoff, 6,36 Th. Wasserstoff, 26 Th. Sauerstoff und Schwefel. Man unterscheidet an jedem Haar den Schaft und die Wurzel. Der Schaft ist der zum grössten Theil über der Haut befindliche, unten stärkere, gegen das Ende hin spitz zulaufende Theil. Die Gestalt der unter der Haut befindlichen Wurzel ist in den meisten Fällen traubenförmig, selten kuglig. Das Haar besteht, wie man unter dem Mikrospe deutlich erkennen kann, aus einer innern und aus einer dieselbe bedeckenden Schicht. Die letztere Schicht enthält vorzugsweise das Fett, das die Weichheit und Biegsamkeit der Haare veranlasst. Dieses Fett scheint die Hauptursache der Färbung der Haare zu sein. Im Alter wird das Fett farblos und das Haar silberglänzend.

Menschenhaar. Betrachten wir zuerst das Menschenhaar, das zu Galanteriewaaren, zu Haartouren und Fusssohlen vielfache Anwendung findet, so verarbeitet man dasselbe auf folgende Weise: Man reibt die Haare mit Mehl, legt sie durch Ziehen durch eine Hechel parallel und kocht sie, zur Entfernung des Fettes, mit einer schwachen Lauge. Sollen die Haare kraus werden, so wickelt man sie um Hölzer und setzt sie der Hitze eines Backofens aus. — Auf der Gegenwart des Schwefels in den Haaren beruhen die meisten Mittel, die Haare schwarz zu färben.

Dasselbe zu schwärzen. So schwärzt man das Haar durch fortgesetzten Gebrauch eines Bleikamms, oder durch Anwendung einer Pommade aus salpetersaurem Silberoxyd, Kalkhydrat und Fett. Eben so wendet man ein Gemenge von 4 Th. Kalkerdehydrat, 1 Th. Mennige mit einer verdünnten Lösung von zweifach kohlensaurem Natron an. Am dunkelsten lässt sich das Haar mit einer Lösung von Pyrogallussäure färben.

Das Haar zu vertilgen. Das Haar ist in Alkalien und alkalischen Erden löslich. Auf dieser Eigenschaft beruhen die sogenannten Haarvertilgungsmittel, unter denen Schwefelcalcium und das Rusma der Orientalen (vergl. S. 309) die gebräuchlichsten sind.

Thierhaare. Von den Thierhaaren finden in den Gewerben Anwendung die Pferde-, Kuh-, Ochsen- und Kälberhaare zum Polstern, zum Verspinnen, als Bindemittel beim Kalkanmachen; Hirsch- und Rehhaare ebenfalls zum Polstern; Hundehaare zu ordinären Pinseln, Katzen-, Maulwurfs-, Fischotterhaare zu Filzhüten und Zeugen; Marder-, Zobel-, Eichhorn- und Dachshaare zu Pinseln; die Haare der Beutel-, Moschus- und Bisamratte zu Hüten u. s. w. Die steifen Haare am Halse, Rücken und Schwanze des Schweins sind die Borsten, die von den Bürstenbindern, Malern, Sattlern, Riemern und Schuhmachern angewendet werden.

## Die Seide.

Seide im Allgemeinen. Unter allen Substanzen, die in der Weberei Anwendung finden, ist wohl unstreitig die Seide die schönste und edelste. Ihr Glanz,

ihre Haltbarkeit und ihre Elasticität bei grosser Feinheit machen dieselbe zu einem ausserordentlich werthvollen Gegenstand. Es ist bekannt, dass die Seide das Gespinnst der Seidenraupe, der Raupe eines Nachtfalters, des Seidenspinners (*Phalaena Bombyx* oder *Bombyx mori*) ist*). Die Seidenraupe spinnt sich vor dem Verpuppen ein, indem sie einen

Der Seidensaft. Saft austreten lässt, der sogleich an der Luft zu Seide erhärtet und um die Raupe herum ein Gehäuse bildet, welches Cocon genannt wird. Dieser Saft ist bernstein- bis goldgelb, durchsichtig und zähe, löst sich in Wasser auf und färbt dasselbe goldgelb. Die Lösung schäumt beim Erhitzen bis zum Sieden, ohne indess zu coaguliren. Nach 1—2 Tagen erstarrt die wässerige Lösung zu einer zitternden Gallerte, welche sich in einer grösseren Menge Wasser selbst beim Sieden nicht mehr löst. Ein Tropfen der heissen Lösung, mittelst eines Glasstabes herausgenommen, erstarrt während des Herabfallens zum Theil zu einem Seidenfaden, an welchem der Rest des Tropfens hängen bleibt.

Die Seidenzucht. Die Seidenraupe gedeiht am besten bei einer Temperatur, die nicht weniger als 18⁰ betragen darf. Ihre Nahrung besteht in den Blättern des weissen Maulbeerbaumes. Warum die Seidenraupe nur diese Blätter und nicht auch die anderer Bäume frisst, lässt sich aus der chemischen Zusammensetzung dieser Blätter nicht erklären. Das Ei der Seidenraupe ist gelblichgrau und ungefähr von der Grösse eines kleinen Hirsekorns. Durch die Wärme des Frühjahrs oder durch künstlich erzeugte Wärme entwickelt sich das Ei zu einer kleinen Raupe, die in 25 Tagen völlig ausgebildet ist. Während dieser Zeit, während welcher die Raupen täglich frische Maulbeerblätter erhalten müssen, häuten sich dieselben 3—4 Mal. Nach Verlauf dieser Zeit hören sie auf, Nahrung zu sich zu nehmen und beginnen sich einzupuppen. Das Gewicht der Raupen beträgt kurz vor dem Einspinnen im Mittel etwas mehr als ein Quentchen, das solcher Raupen, die noch fressen, ungefähr $1^1/_2$ Quentchen. Wenn die Raupe sich einspinnen will, so giebt sie ihren Willen durch eine ungewöhnliche Lebhaftigkeit zu erkennen und sucht irgend einen Unterstützungspunkt, um ihre Arbeit anfangen zu können. Man giebt ihnen dann Birkenreiser, zwischen denen die Raupen verschiedene Fäden ziehen, um daran den Cocon zu befestigen. Nach Verlauf von 3—4 Tagen ist derselbe fertig; alsdann ist es nothwendig, den im Innern sich entwickelnden Seidenfalter zu tödten, damit er sich nicht völlig ausbilde und den Cocon

*) Neuerdings hat man folgende ausländische Bombxyarten in Frankreich und Italien zu acclimatisiren versucht:

a) *Bombyx cynthia*, deren Raupe auf der Ricinusstaude lebt;
b) *Bombyx Pernyi*, die in China einheimisch ist und sich von Eichenblättern nährt;
c) *Bombyx mylitta*, der bengalische Tussahseidenwurm, lebt gleichfalls von Eichenblättern.

Der Erfolg war kein ungünstiger.

durchbohre. Das Durchbrechen geschieht in der Regel 14 Tage nach beendigtem Einpuppen und zwar durch einen scharfen Saft, den sie durch den Mund von sich geben, der den Cocon an einer Stelle so weit auflockert, dass der Schmetterling dadurch entschlüpfen kann. Die sicherste Methode, die Raupe zu tödten, besteht darin, die Cocons entweder mit siedendem Wasser oder mit bis auf 75—80° erwärmter Luft zu behandeln. Ausserdem hat man zu diesem Zwecke Alkohol-, Terpentinöl- und Kampherdämpfe vorgeschlagen.

Die Cocons. Die ausgebildeten Cocons haben die Grösse und Gestalt eines Taubeneies; das Gewicht eines frischen Cocons beträgt im Durchschnitt $^1/_2$ Quentchen. Sie sind von gelber Farbe und auswendig mit einer rauhen Faser, der Floretseide, bedeckt, unter der sich die eigentliche Seide befindet. Unter der letzteren befindet sich ein innerer Theil, der aber aus einem so fest in einander geschlungenen Faden besteht, dass eine Bearbeitung desselben nicht mehr möglich ist. — Nach dem Tödten werden die Cocons sortirt und sodann abgehaspelt oder abgesponnen. Das Abhaspeln hat zum Zweck, eine leimartige Substanz, durch welche die Fäden aneinanderkleben, zu lösen und den eigentlichen Seidenfaden abzuwickeln. Man wirft die Cocons in heisses Wasser und rührt sie darin mit Reisern um. Nachdem die leimartige Substanz gelöst ist, werden die oberen, zu Floretseide benutzten Fäden abgezupft und sodann die Cocons mit Besen geschlagen, wodurch die Anfänge der Fäden sich losweichen und um die Reiser schlingen. Je nachdem die Fäden der Seide dünn oder dick werden sollen, zieht man 2,4—20 Cocons auf einmal aus und lässt die Fäden durch ein Oehr gehen, in welchem sie sich ihrer klebrigen Beschaffenheit wegen zu einem einzigen Faden vereinigen. Die mit einander zu vereinigenden Fäden werden dann vorläufig mit den Händen zu zusammengeschlungenen Fäden zusammengedreht. Die kurzen Fäden, die nicht abgehaspelt werden können, bilden die Floretseide, welche gekämmt und versponnen wird. Die unterste Schicht der Seide, die unter der eigentlichen Seide liegt, heisst die Krätze und wird zu Wattseide verarbeitet. Jede Art von Seide, die nur von den Cocons abgehaspelt worden ist, führt den Namen Rohseide, Matzenseide oder Greze; sie ist gelb oder weiss und besitzt der noch anhängenden leimartigen Substanz wegen eine gewisse Steifigkeit, die sie zu einigen Fabrikaten, wie zu Krepp u. dergl., geschickt macht. In den meisten Fällen wird aber die Seide gefärbt und deshalb vorher entschält oder degummirt. Dies geschieht entweder durch Kochen mit Seife oder Borax, oder mit einer schwachen alkalischen Lösung. Durch das Entschälen wird die rohe Seide von der leimartigen Substanz befreit und zugleich entfärbt. Wenn die Rohseide nur gebleicht werden soll, ohne ihr zugleich die Steifigkeit zu nehmen, so wird sie mit einem Gemenge von 1 Th. Salzsäure und 12 Th. Weingeist behandelt.

Rohseide.

Arten der Seide. Darauf wird die Seite gezwirnt. Man unterschei-

det folgende Arten der gezwirnten Seide: Organsinseide, zu welcher die schönsten Fäden genommen werden; sie ist zur Kette bestimmt; Tramseide, Nähseide und Floret- und Wattseide. Die Tramseide (Trama, Einschlagseide) ist zum Einschuss bestimmt und unterscheidet sich von der Organsinseide dadurch, dass man zu ihrer Darstellung stärkere oder gröbere rohe Seide nimmt, nicht so viel Fäden zusammendreht und diese nicht so stark zwirnt. Die Nähseide wird zum Nähen und Sticken angewendet und von 3—30 Fäden zusammengedreht. Unter der Floretseide versteht man, wie schon erwähnt, das äussere oder rauhe Gespinnst; man rechnet zu derselben aber auch den Ausschuss oder Abfall der guten Seide, und die beschädigten, durchfressenen und verwirrten Cocons. Die von den letzteren erhaltene Seide ist die schlechteste Sorte der Floretseide und wird Krätze genannt. Die schlechteste aller Seidensorten ist die Wattseide, zu welcher man zum Theil die Krätze, zum Theil aber auch das lose Gewebe verarbeitet, das die Raupe an die Reiser während des Spinnens anhängt; man benutzt diese Sorte zum Ausstopfen.

Seidene Zeuge. Die seidenen Zeuge zerfallen in: 1) glatte; 2) geköperte; 3) gemusterte Stoffe; 4) Gaze oder Flore; 5) Sammt.

a) Zu den glatten seidenen Geweben gehören: 1) der Tafft; 2) der gestreifte Tafft; 3) der Gros de Tours (Gros de Neapel, Gros de Berlin etc).

b) Zu den geköperten Geweben gehören: 1) die verschiedenen Sergen (Croisé, Levantin, Drap de Soie, Bombasin); 2) der Atlas oder Satin (wovon einfacher, doppelter, halber und Sergen-Atlas bekannt sind). Bei dem Atlas liegt die Kette, ohne einen Köper zu bilden, oben auf; das Eigenthümliche des Atlas ist der schöne Glanz, welcher durch Anwendung der feinsten Seide zur Kette hervorgebracht wird.

c) Zur gemusterten Arbeit gehören alle figurirte, gewürfelte und geblümte seidene Gewebe (Droguet, Chagrin, Satinet, Rips, Seidendamast, Brillantstoff, Pequin)

d) Zur geschnittenen Arbeit gehören: 1) der ächte Sammt; 2) der seidene Plüsch etc.; sie werden mit der Poilnadel gearbeitet.

e) Zu den Gazen oder Flören gehören: 1) der Marle; 2) Seidenstramin (canevas); 3) Krepp (crêpe, crape) als Kleiderstoff und zu Flören, auch Flor genannt; 4) Beutelgaze, zu Mühlbeuteln und zum Beschlagen der Siebcylinder an Mehlmaschinen; 5) Barège, leichter, durchsichtiger Kleiderstoff; Kette feine Rohseide, Schuss Kammgarn.

Die halbseidenen oder gemischten Gewebe zerfallen: 1) in die aus Seide und Wolle; 2) in die aus Seide und Baumwolle; 3) in die aus Seide und Leinen.

Appretur der Seidenzeuge. Die fertigen Seidenzeuge werden appretirt. Dies wird auf die Weise ausgeführt, dass man aus den Geweben zuerst die Knötchen entfernt, dieselben dann durch Cylinderwalzen glättet und ebnet, und ihnen dann durch eine Lösung einer schleimigen Substanz, wie Hau-

senblase, Flohsamen (*Plantago Psyllium*), arabischem Gummi, Rindsgalle u. s. w., die erforderliche Steifigkeit ertheilt.

## Die Gerberei.

Gerberei im Allgemeinen.

Unter Haut (Thierhaut) versteht man im Allgemeinen die den Thieren abgezogene äussere Bedeckung, welche zu gewerblichen Zwecken auf verschiedene Weise zugerichtet wird. Im engeren Sinne unterscheidet man diese Bedeckung nach der Grösse der Thiere in eigentliche Haut, Fell und Balg; in technischer Hinsicht unterscheidet man bei der Haut die Aussenfläche, als die Haar- oder Narbenseite, die innere gegen das Fleisch zugekehrte Fläche als Fleisch- oder Aasseite.

Die Haut hat die Eigenschaft, bei gewöhnlicher Temperatur in Wasser unlöslich zu sein; lässt man dieselbe aber längere Zeit mit Wasser kochen, so schrumpft sie anfänglich zusammen und wird steif und elastisch. Durch längere Zeit fortgesetztes Kochen wird sie aber wieder weich, schleimig und durchscheinend und löst sich nach und nach zu einer Flüssigkeit auf, die nach dem Erkalten zu einer Gallerte erstarrt. In dieser Gallerte ist nicht mehr Haut, sondern Leim enthalten, von welchem weiter unten ausführlich die Rede sein wird. Eine Lösung von Leim oder eine mit Wasser aufgeweichte Haut schimmelt sehr leicht. Eine Auflösung von Quecksilberchlorid oder von schwefelsaurem Eisenoxyd verhindert die Fäulniss. Eben so hat eine Lösung von Gerbsäure und von Thonerde die Eigenschaft, die Fäulniss der thierischen Haut zu verhindern. Die auf diese Weise umgewandelte Haut ist nach dem Trocknen nicht mehr steif und brüchig, sondern bleibt bei hinlänglicher Festigkeit weich und geschmeidig, widersteht den Einflüssen der Witterung und heisst Leder, der Process der Umwandelung des Gerbens. Die dies bezweckenden Methoden bestehen wesentlich darin, dass alle für die Lederbildung nicht geeignete Stoffe von der Haut durch Reinigungsprocesse beseitigt werden, und dass die eigentliche Haut sich mit Substanzen verbindet, welche die Fäulniss verhindern. Das Gerben einer Thierhaut kann auf dreierlei verschiedene Weise bewirkt werden, nämlich:

1) durch die Behandlung mit gerbsäurehaltigen Substanzen;
2) durch die Behandlung mit Alaun und Kochsalz;
3) durch deren Behandlung mit Fett.

Hiernach zerfällt die gesammte Ledergerberei in drei Hauptzweige:

*A.* die Loh- oder Rothgerberei;
*B.* die Weiss- oder Alaungerberei;
*C.* die Sämischgerberei.

Rohmaterialien zur Lohgerberei.

Die Materialien der Lohgerber sind gerbsäurehaltige Substanzen und Häute. Als gerbsäurehaltige Substanz benutzt man gewöhnlich Eichenrinde oder die Rinde anderer Bäume. Die Eichenrinde (Eichenborke) ist die innere, zwischen der äusseren Rinde und dem Splint befindliche Rinde mehrerer Species von *Quercus*, namentlich *Q. robur* und *Q. pedunculata*. Im westlichen und südlichen Deutschland befinden sich Eichenschälwaldungen, in welchen die Aufschläge in 9 — 15jährigen Alter zur Gewinnung der besseren dünnen Rinde, der sogenannten Spiegelborke geschlagen werden. Der Gerber zerkleinert die Rinde mit dem Beil und lässt sie dann auf der Lohmühle mahlen. Die gemahlene Rinde führt den Namen Eichenlohe.

Gerbmaterialien.

Ausser der Eichenrinde, dem wichtigsten Gerbmaterial, benutzt man folgende Gerbesubstanzen:

Galläpfel, die bekannten Auswüchse, welche auf verschiedenen Arten von Eichen durch den Stich eines Insectes, das zur Familie der Blattwespen gehört, entstehen.

Knoppern, gleichfalls braune Auswüchse des Eichenbaumes, besonders des *Quercus cerris*, die wie die Galläpfel durch den Stich eines Insectes sich bilden, nur mit dem Unterschiede, dass sie nicht auf den Zweigen und Blattstielen wie jene, sondern in den noch jungen Kelchen der Eicheln entstehen, mit denen sie daher stets zusammenhängen. Sie sind nicht glatt und kugelförmig wie die Galläpfel, sondern unförmig eckig, stachlig, ziemlich gross und dicht. Die Kelche der Knopperneiche kommen als Eckerdoppen (Ackerdoppen) gleichfalls in den Handel.

Valonia, die Eicheln von *Quercus aegilops* und *Valonia Camata*.

Dividivi oder Libividi, die dunkelbraune, fingerlange und daumenbreite Schote der in tropischen Ländern wachsendeu *Poinciana coriaria*, *Caesalpinia coriaria*

Bablah, breitgedrückte, runde oder unregelmässig ovale Schoten, die äusserlich mit einem grauen Pulver bestäubt sind. Sie kommen von mehreren Acacienarten, namentlich *A. cinerea*, *A. sophora*, *A. arabica*.

Chinesische Galläpfel (von *Rhus semialata*) kommen in Gestalt von höckerigen, mit einem grauen Filz bedeckten, hohlen Knollen vor, welche nach Buchner und Stein gegen 70 pCt. Gerbsäure enthalten.

Sumach, Schmack, besteht aus den Blättern und Blattstielen des Gerberstrauches (*Rhus coriaria*); der sogenannte unächte oder italienische Sumach rührt von *Rhus cotinus* her.

Catechu oder Cachou, ein gerbsäurereiches Extract aus der Rinde von *Areca catechu*.

Kino, der eingetrocknete Saft von *Pterocarpus marsupium* und *Butea frondosa*.

100 Theile folgender Pflanzenstoffe enthalten:

| Gerbsäure. | Theile: |
|---|---|
| Innere weisse Rinde von alten Eichen | 15 |
| „ „ „ „ jungen Eichen | 16 |
| Junge Eichenrinde . . . . . . . | 6,04 |
| „ Kastanienrinde . . . . . | 4,27 |
| „ Ulmenrinde . . . . . . | 2,70 |
| „ Weidenrinde . . . . . . . | 2,28 |
| „ Buchenrinde . . . . . . . | 2,08 |

| Gerbsäure. | Theile: |
|---|---|
| Sumach . . . . . . . . . . . | 16,25 |
| Chinesische Galläpfel . . . . . | 69,0 |
| Catechu von Bombay . . . . . | 54,37 |
| „ „ Bengalen . . . . . | 48,12 |
| Galläpfel . . . . . . . . . . | 26,45 |
| Tormentillwurzel . . . . . . . | 34,0 |
| Junge Rosskastanienrinde . . . . | 1,87 |
| „ Ahornrinde . . . . . . . | 2,38 |
| „ Birkenrinde . . . . . . | 1,66 |

Gerbsäure. Das in allen diesen Substanzen wirksame Princip ist die Gerbsäure, der Gerbstoff oder das Tannin. Diese Substanz hat, aus den verschiedenen Pflanzen dargestellt, verschiedene Eigenschaften. Der gemeinsame Charakter aller ist aber der, dass Eisenoxydsalze von ihr dunkel gefärbt, entweder schwarzblau oder schwarzgrün, niedergeschlagen werden, und dass sie thierische Haut in Leder verwandelt. Auf der ersteren Eigenschaft beruht ihre Anwendung in der Färberei, auf der zweiten ihre Anwendung in der Gerberei. Durch trockene Destillation bildet sich aus der in den Galläpfeln vorkommenden Gerbsäure die Pyrogallussäure ($C_{12} H_6 O_6$), die in der Photographie als Reductionsmittel und zum Schwarzfärben der Haare und des Horns Anwendung findet; durch trockne Destillation anderer Gerbsäuren bildet sich die Oxyphensäure (Brenzcatechin, $C_{12} H_6 O_4$).

Häute und ihre Vorbereitung zum Gerben. Die zum Gerben angewendeten Häute sind Ochsen-, Kuh-, Ross-, Kalb-, Schaf- und Ziegenhäute. Die Vorbereitung zerfällt in das Reinigen der Häute, das Enthaaren derselben, das Schwellen und das Färben. Die Operation des Reinigens befreit die Häute und Felle von Fett, Blut, Schmutz und anderen anhängenden fremden Stoffen; zu diesem Behufe werden die Häute am besten in fliessendem Wasser eingeweicht und gewaschen und darauf auf dem Schabebaume mit dem Schab- oder Streicheisen auf der inneren Seite, der Fleischseite, abgeschabt. Auf der entgegengetzten Seite werden die Häute enthaart; mit dem Enthaaren ist zu gleicher Zeit das Abschaben der Oberhaut verbunden.

Sohlenleder. Die zu Sohlenleder bestimmten Häute enthaart man entweder durch Lösen der Epidermis durch Kalkmilch oder durch beginnende Fäulniss (Schwitzen) der übereinander geschichteten Häute, wobei man die innere Seite vor der Fäulniss dadurch bewahrt, dass man sie mit Kochsalz oder mit Holzessig einreibt. Nach gehöriger Fäulniss werden mit stumpfen Schabeisen die Haare abgeschoren (das Pälen), das Fleisch auf der innern Seite und der Kalk und Schmutz entfernt. Damit die enthaarten Häute von der Gerbsäurelösung durchdrungen werden können, müssen dieselben aufgelockert und geschwellt werden; deshalb muss man vor allem den Kalk entfernen, der bei dem Behandeln der Häute mit Kalk sich mit der thierischen Faser verbunden, und das Fett

verseift hat. Behufs des Schwellens (oder Treibens) bringt man die enthaarten Häute (Blössen) in die Schwellbeize, welche aus einem sauer gewordenen Lohauszuge, aus sauer gewordenem Kleienwasser oder verdünnter Schwefelsäure besteht. In den beiden ersten Flüssigkeiten ist Milchsäure, in der sauer gewordenen Lohflüssigkeit ausser Milchsäure auch noch Buttersäure das wirksame Princip. Durch die Schwellbeize wird der Kalk entfernt, werden die Poren aufgetrieben und die Häute zur Aufnahme der Gerbsäurelösung geschickt gemacht. Darauf nimmt man mit denselben die Operation des Färbens vor, d. h. man bringt sie in eine schwache Brühe von frischer Lohe, bis sie eine bräunliche Farbe angenommen haben,

Lohgruben. und dann in die Lohgruben. Letztere bestehen aus viereckigen, 8—10 Fuss tiefen, ausgemauerten Gruben. Das Einlegen der Häute geschieht auf folgende Weise: Man streut erst eine Schicht zermalmte Eichenrinde oder andere Lohe in die Grube und breitet darauf eine Schicht Häute, mit der Haarseite nach unten gekehrt. Ueber die erste Schicht Häute kommt abermals eine Schicht Lohe und das so fort, bis die Grube beinahe angefüllt ist. Eine Grube fasst gewöhnlich 40—80 Ochsenhäute. Die Grube wird mit Wasser angefüllt und mit Brettern bedeckt; nach 2—3 Monaten öffnet man die Grube, nimmt die Häute heraus, spült die anhängende Lohe von ihnen ab und bringt sie von Neuem in die Grube, nur mit dem Unterschiede, dass dieses Mal die Fleischseite nach unten gerichtet ist; dieselbe Operation wird nach einigen Monaten noch 2—3 Mal wiederholt, bis die Häute gar sind, was man daran erkennt, dass auf der Schnittfläche des Leders durchaus nichts Fleischiges mehr zu bemerken ist. Bei dem Sohlenleder nimmt die Haut durch das Gerben um $^1/_3$ an Gewicht zu. Nach beendigtem Gerben werden die Häute aus der Grube entfernt, gereinigt, ausgepresst, getrocknet und zuletzt durch Stampfen und Walzen geebnet.

Schmalleder. Schmal- oder Fahlleder wird aus Kalb- und Schaffellen, so wie aus den Häuten der Pferde und Kühe fabricirt. Die Operationen sind dieselben, wie bei der Fabrikation des Sohlenleders, nur bedient man sich zum Gerben seltener der Lohe, als vielmehr eines Lohauszugs (der Lohbrühe).

Das Zurichten des Leders. Wenn die zu Schmal- und Fahlleder bestimmten Häute und Felle aus der Lohgrube gekommen sind, so werden sie zugerichtet. Dieses Zurichten hat den Zweck, den Häuten möglichste Geschmeidigkeit, so wie der Narbe ein besseres Aussehen zu ertheilen. Zu diesem Behufe streicht man sie zuvörderst über einem Streichbaume auf beiden Seiten mit dem Streicheisen, um alle Feuchtigkeiten herauszubringen. Alsdann legt man sie auf eine Tafel und schmiert sie, um sie geschmeidiger zu machen, mit einer Mischung von Talg und Thran, oder auch wohl mit Knochenfett u. dgl. ein. Hat man sie, über Stangen gehängt, getrocknet, so tritt oder walkt man sie mit den Füssen, damit sie von dem Fette recht durchdrungen und weicher werden. Weil die zu

Fahlleder bestimmten Rindshäute gewöhnlich zu dick sind, so falzt man sie, d. h. man schabt sie auf dem Falzblocke, einem schräg auf zwei Füssen ruhenden, auf der oberen Fläche ebenen und glatten Baume, mit dem Falzeisen dünner und gleichförmiger. Letzteres ist eine gerade, breite, zweischneidige Klinge mit zwei hölzernen Handgriffen. Soll das Fahlleder Narben haben, so krispelt (narbt) man es mit dem Krispelholze oder Krispeleisen oder mit der Krispelwalze, wobei es fest auf einer Tafel liegt. Das Krispelholz ist ein viereckiges, auf der einen, etwas erhabenen Seite mit schmalen Reifen, Rinnen oder Krispeln versehenes Holzstück; das Krispeleisen ist eine eben so gestaltete Eisen- oder Messingplatte, welche beide auf der oberen Seite als Handgriff, einen Riemen haben. Die Krispelwalze ist ein fingerdickes cylindrisches, rings herum mit Kerben versehenes Eisen, mit einem eisernen oder hölzernen Handgriffe. Gewöhnlich wird das Leder dreimal gekrispelt, zweimal auf der Narbenseite und einmal auf der Fleischseite.

Wenn dem Leder ein besonderer Glanz gegeben werden soll, so wird es pantoffelt und blank gestossen. Das erstere geschieht mit dem Pantoffelholze, einem mit Korkholze belegten, mit einem Handgriffe versehenen, viereckigen Brette; das Blankstossen mit der Blankstosskugel, einer glatten massiven gläsernen Kugel oder einem gläsernen Cylinder, dem Blankstosscylinder, die gleichfalls einen Handgriff hat. Mit beiden Instrumenten wird das Leder, am meisten auf der Narbenseite, gerieben. In dem Schlichtrahmen mit der Schlichtzange ausgespannt, wird das Leder mit dem Schlichtmonde geschlichtet. Letzterer besteht aus einer 8—10 Zoll grossen, wie ein Hohlspiegel gestalteten (concaven) kreisförmigen Scheibe, mit gut verstählter schneidender Peripherie, und in der Mitte mit einem Loche, durch welches der Gerber beim Schlichten die rechte Hand steckt. Mit der Schneide dieses Instruments nimmt er auf der Fleischseite das überflüssige Leder hinweg. Das sogenannte Kornleder oder gepresste Leder wird dadurch gebildet, dass man es mit der Narbenseite auf eine körnige Fischhaut (Fischhaut-Chagrin) legt, und mit der Blankstosskugel drückt und reibt. Die Körner der Fischhaut pressen dann Narben in das Leder ein.

Beim Schafleder, dessen Wolle noch benutzt werden soll, bestreicht man die Felle auf der Fleischseite mit Kalk und Holzasche und pocht sie auf einander; nach Verlauf von einigen Stunden wird die Wolle auf dem Schabebaume entfernt und die Haut dann, wie oben angegeben, behandelt. Felle, die zu Stiefelleder bestimmt sind, werden gefärbt, indem man sie vor dem Einfetten mit einer Lösung von Eisenvitriol oder essigsaurem Eisenoxyd überstreicht.

Schnellgerberei. Es liegt auf der Hand, dass eine Haut um so schneller in Leder verwandelt wird, je mehr dieselbe geschwellt und je aufgelöster die gerbstoffhaltige Substanz ist. Die zahlreichen Vorschriften der soge-

nannten Schnellgerberei kommen daher darauf hinaus, die geschwellten Häute anstatt in Lohe oder eine andere gerbsäurehaltige Substanz, in eine erst verdünnte und dann möglichst reiche Gerbsäurelösung, oder in einen concentrirten Auszug jener Substanzen zu legen. Um die Gerbsäure in die Poren der Häute einzuführen, hat man vorgeschlagen, die Gerbebrühe circuliren zu lassen (eine Anzahl Gerbekufen sind durch ein Röhrensystem verbunden, durch welches vermittelst Druck- und Saugpumpen eine Circulation der Gerbebrühe in den Kufen bewirkt wird); die endosmotischen Eigenschaften der Häute zu vermehren (die zu Säcken zusammengenähten Häute werden mit Wasser und Lohe gefüllt, und in Catechulösung untergetaucht, deren specifisches Gewicht durch Zusatz von Zucker erhöht worden ist), und endlich mechanischen, oder besser noch hydrostatischen Druck anzuwenden. In der richtigen Erwägung, dass der vom Enthaaren in den Häuten zurückgebliebene Kalk die Gerbsäure zur Veränderung disponirt und dadurch die Wirkung der Lohbrühe schwächt, ist in der neuesten Zeit vorgeschlageu worden, den Kalk vor dem Gerben mittelst einer starken Zuckerlösung (Runkelrübensyrup) auszuziehen. Man soll auf diese Weise an Zeit und Lohe beträchtlich sparen.

Juchtenleder. Das Juchtenleder, richtiger Juftenleder (nach dem russischen Worte Jufti, ein Paar, da man bei dem Färben stets zwei Häute mit Riemen an einander befestigt), früher vorzüglich in Russland, jetzt in anderen Ländern fabricirt, wird aus Kalb-, Kuh- und Rosshäuten gemacht. Die Verfahrungsart bei der Fabrikation besteht im Wesentlichen darin, dass man die auf gewöhnliche Weise enthaarten Häute zuerst in ein mit Hafermehl bereitetes Sauerwasser und nach dem Schwellen in eine aus Weidenrinde bereitete Lohbrühe bringt. Nachdem die Juchten hinlänglich gegerbt und getrocknet worden sind, werden sie entweder mit einer Abkochung von Sandelholz und Eisenvitriol schwarz, oder mit einer Abkochung von Sandelholz und Alaun roth gefärbt. Bei dem Färben näht man zwei Häute zu einem Sack zusammen, so dass die Narbenseiten inwendig aneinander kommen, giesst die Farbenbrühe in den Sack und rollt denselben hin und her. Nach hinlänglichem Färben giesst man die Brühe aus, trocknet die Häute und reibt sie auf der Fleischseite mit Birkentheeröl, das durch trockne Destillation der Rinden angefaulter Birken gewonnen worden ist, ein. Diesem Oele verdanken die Juchten ihren eigenthümlichen Geruch. Fängt das Oel an einzutrocknen, so wird das Leder auf der Haarseite gekrispelt, dann noch einmal mit Birkentheeröl gestrichen und zuletzt geglättet.

Lohkuchen. Die bei der Lohgerberei abfallende, völlig erschöpfte Lohe wird mit etwas Lehm vermischt in hölzerne Formen gepresst, getrocknet und unter dem Namen Lohkuchen oder Lohkäse als Brennmaterial verkauft. Ihre Heizkraft ist ungefähr $^3/_4$ von der des lufttrocknen Holzes.

Saffian. Der Saffian (Maroquin, türkisches oder Marocco-

Leder) wird aus Bock- oder Ziegenfellen, zuweilen auch aus Schaf- und Schweinefellen dargestellt. Das Verfahren ist dasselbe, wie bei der Fabrikation des Schmalleders, nur wird dabei weit sorgfältiger zu Werke gegangen. Nach dem gewöhnlichen Reinigen und Enthaaren bringt man die Felle in ein Hundekothbad (Kaschka), dann in ein saures Bad aus Sauerteig, Weizenkleie und Wasser, wäscht sie darauf mit Wasser aus und reibt sie nach dem Auspressen mit Kochsalz ein. Nachdem dies geschehen, gerbt man sie mit einer Abkochung von Sumach oder von Galläpfeln. Nach dem Gerben werden sie gefärbt und sodann gekrispelt. Das Krispeln geschieht, indem man die gefärbten Felle mit einer gekerbten Walze der Länge nach behandelt, sie darauf mit einer glatten Walze glättet, dann nochmals mit der gekerbten Walze in derselben Richtung und darauf in einer dieselben kreuzenden behandelt, wodurch die künstliche Narbe oder das Reisskorn erzeugt wird. Das Färben geschieht nur auf der Narbenseite und zwar Gelb mit Alaun und Avignonkörnern oder Kreuzbeeren (Rhamnus infectorius), Grün mit Grünspan und Essig, Violett mit Indigo und Cochenille, Roth mit Cochenille, Granatschalen, Gummi und Alaun, Blau mit Alaun und Indigolösung, Schwarz mit Eisenvitriol, Kupfervitriol und einer Lösung von kohlensaurem Kali.

Corduan. Der Corduan oder Cordovan (von der spanischen Stadt Cordova) gleicht dem Saffian in vieler Beziehung und wird auch auf ähnliche Weise dargestellt. Er unterscheidet sich von dem Saffian nur durch die grössere Stärke der Felle und dadurch, dass der Corduan seine natürliche Narbe behält.

Chagrin. Chagrin (Chagrain, Saghir, Sagri, Sagre) wird von den Tataren und Russen aus Ross- und Eselshäuten und zwar aus den hintern Theilen des Rückens dargestellt. Die enthaarte Haut wird in einem Rahmen ausgespannt und auf der Haarseite mit Allabuta, den schwarzen Samen einer wild wachsenden Melde (*Chenopodium album*) bedeckt und diese durch Treten in die Oberfläche der Haut eingedrückt. Man lässt die Häute trocknen und nimmt mit einem Messer die durch das Eindrücken der Körner entstandenen Erhöhungen hinweg. In Wasser eingeweicht, gehen die Körner aus der Haut und lassen auf der einen Seite kleine Grübchen, auf der anderen kleine Erhöhungen zurück. Darauf erfolgt das Gerben in einem Auszuge von Galläpfeln. Die beliebte meergrüne Farbe ertheilt man den Chagrin durch Kupferfeile und Salmiak. Nach dem Färben werden die Häute mit geschmolzenem Hammeltalg getränkt.

Die Fischhaut oder der Fischhautchagrin kommt von verschiedenen Arten der Haifische (*Squalus canicula*, *S. catulus*, *S. centrina*), Rochen u. s. w. Die Haut dieser Fische ist nicht mit Schuppen, sondern mit harten Stacheln besetzt. Sobald die Häute von den Thieren abgezogen worden sind, spannt man dieselben straff auf, um sie zu trocknen und

bringt sie entweder sofort in den Handel oder schleift vorher die Stacheln mit Sandsteinen ab. Man benutzte die bloss getrocknete und noch mit den Stacheln versehene Fischhaut früher häufig zum Schleifen des Holzes. Jetzt giebt man zu diesem Zwecke dem Bimsstein und dem Sandpapier den Vorzug. Die von den Stacheln befreiten und gefärbten Häute dienen zu Etuis für Fernröhre, Brillen u. s. w.

Weissgerberei. Die Weiss- oder Alaungerberei unterscheidet sich dadurch wesentlich von der Lohgerberei, dass sie als Gerbematerial keine gerbsäurehaltige Substanz, sondern eine Thonerdeverbindung anwendet. Man benutzt Kalb-, Schaf-, Lamm- und Ziegenfelle, mitunter auch Ochsen-, Kuh- und Rosshäute. Man unterscheidet gemeine, französische und ungarische Weissgerberei. Bei der ersteren werden die Thierhäute und Felle auf dieselbe Weise vorbereitet, wie bei anderen Gerbungsarten: Die Blössen werden darauf gewalkt und ausgestrichen, hierauf in einer Kleienbeize geschwellt und in einer Gerbebrühe gegerbt, die für je 10 Felle (ein Decher) aus $1^1/_2$ Pfund Alaun, $^1/_2$ Pfund Kochsalz und $12^1/_2$ Pfund Wasser besteht. Durch diese Brühe zieht man jedes Fell mehrere Mal hindurch, bis es vollständig mit der Brühe getränkt ist. Darauf schlägt man die Felle zusammen und legt sie einige Tage lang in ein Fass, in welchem sie weissgar werden. Nach dem Trocknen werden die garen Felle vermittelst der Stolle, einer stumpfen halb kreisrunden Scheibe appretirt. Bei der französischen oder Erlanger Weissgerberei, durch welche vorzüglich Leder zu Handschuhen dargestellt wird, verarbeitet man Gemsen-, Ziegen- und Lämmerfelle, die erst mit einer Beize von Hundekoth, dann mit einer Kleienbeize vorbereitet und dann mit Gerbebrei gar gemacht werden. Der Gerbebrei besteht aus einer Lösung von Alaun, Kochsalz und Weinstein, die mit Eidotter und Olivenöl zusammengeschlagen wird. Mit diesem Brei werden die Häute gewalkt, dann getrocknet und appretirt. Der Zusatz von Eiweiss und Oel bewirkt, dass die Häute weicher und geschmeidiger werden. Die ungarische Weissgerberei unterscheidet sich von den beiden vorstehenden Arten dadurch, dass in ihr auch Ochsen-, Kuh- und Rosshäute gegerbt werden. Man nimmt das Enthaaren nicht durch Einweichen in Kalk oder Schwitzen, sondern vermittelst eines Messers vor und bringt darauf die Häute in die Alaunbrühe, in welcher sie 8 Tage lang liegen bleiben. Die trocknen Häute werden sodann mit geschmolzenem Talg getränkt. Das auf diese Weise erhaltene Leder wird in der Riemerei benutzt. — Theorie der Weissgerberei. Eine genaue Theorie der Weissgerberei ist noch nicht aufgestellt worden; da man aber weiss, dass schwefelsaure Thonerde und Kochsalz sich zersetzen in Chloraluminium und schwefelsaures Natron ($Al_2 O_3$, $3\,SO_3 + 3\,Cl\,Na = Al_2\,Cl_3 + 3\,NaO$, $SO_3$), so nimmt man an, dass das Chloraluminium als basisches Salz (als Oxychlorid), oder indem es Thonerde abgiebt, sich mit der Haut zu einem unlöslichen Körper verbindet und auf diese Weise das Gerben bewirkt. Da das schwefelsaure Kali

des Alauns unverändert bleibt, so möchte es wegen des billigen Preises der schwefelsauren Thonerde anzurathen sein, diese anstatt des Alauns in der Weissgerberei anzuwenden.

Sämischgerberei. Die Sämisch- oder Oelgerberei liefert waschbares Leder (sämischgares oder Waschleder), das wegen der lockeren Weichheit und der wolligen Beschaffenheit zu Kleidungsstücken verwendet wird. Die Felle (Wildhäute, Schaf-, Ziegen-, Lämmerfelle) werden wie bei der Weissgerberei vorbereitet, d. h. sie werden mit Kalk enthaart, die obere Haut wird der Narben beraubt, wieder in Kalk, dann in eine Kleienbeize gebracht und dann mit Thran gegerbt. Bei dem Gerben wird ein jedes Fell einzeln mit Thran benetzt, zusammengelegt und gewalkt, bis die Fettigkeit sich in die Blösse gezogen hat. Die gewalkten Felle hängt man auf, bis die Aussenseite trocknet (anrauscht), oder man schlägt sie aufeinander, bis die Temperatur durch Oxydation des Oeles sich etwas erhöht. Dadurch verbindet sich das Fett innig mit der Haut und ertheilt ihr eine gelbe Farbe, daher diese Arbeit das Färben in der Braut (Brüte) genannt wird. Um das unverbundene Fett zu entfernen, werden die Blössen nach dem Schlichten degrasirt (entfettet); man legt sie zu diesem Zwecke in warme Potaschenlösung, welche sich dadurch in eine seifenähnliche Masse, die Weissbrühe, verwandelt, aus welcher sich beim ruhigen Stehen oder Zusatz einer Säure das Gerberfett oder Dégras abscheidet, das beim Zurichten des lohgaren Leders Anwendung findet. Das Rauchleder (oder rauchschwarze Leder) ist sämischgares Leder, das auf der Fleischseite schwarz gefärbt, und dessen Narbe nicht abgestossen ist.

Pergamentgerberei. Die Pergamentgerberei verarbeitet Kalb-, Schaf- und Ziegenfelle, Esels- und Schweinehäute, die zuerst auf die gewöhnliche Weise vorbereitet, darauf nach dem Kalken in Rahmen eingespannt und mit Kreidepulver bestreut werden. Dieses Pulver wird mit Bimsstein eingerieben und die überschüssige Kreide mit einem Hammelfell abgerieben. Das zum Schreiben bestimmte Pergament (Schreibpergament) erhält durch Schaben mit einem Eisen eine rauhe Oberfläche. Das narbige Pergament, das zum Einbinden von Büchern bestimmt ist, wird auf der Haarseite genarbt, auf der Fleischseite aber mit Kreide bestrichen. Häufig wird auch Pergament aus Leinwand oder Papier, welchem man mit Bleiweiss, Zinkweiss, Gyps und Kalkpulver und Leimwasser einen Grund giebt und diesen mit Oelfirniss überzieht, nachgemacht. Das Steinpergament, aus welchem man die künstlichen Schiefertafeln fabricirt, besteht aus Dünnpappe, Papier, Zink- oder Eisenblech, welche Körper mit einem Gemenge von feinem Sand, Russ und Leinölfirniss oder Schieferpulver, Russ und Leimwasser überzogen sind. Die mit Hülfe von Leimwasser hergestellten Tafeln werden wiederholt mit Gallapfelabkochung oder mit Alaunlösung überstrichen, wodurch der Leim in Wasser unlöslich wird.

## Die Leimfabrikation.

Leim im Allgemeinen.

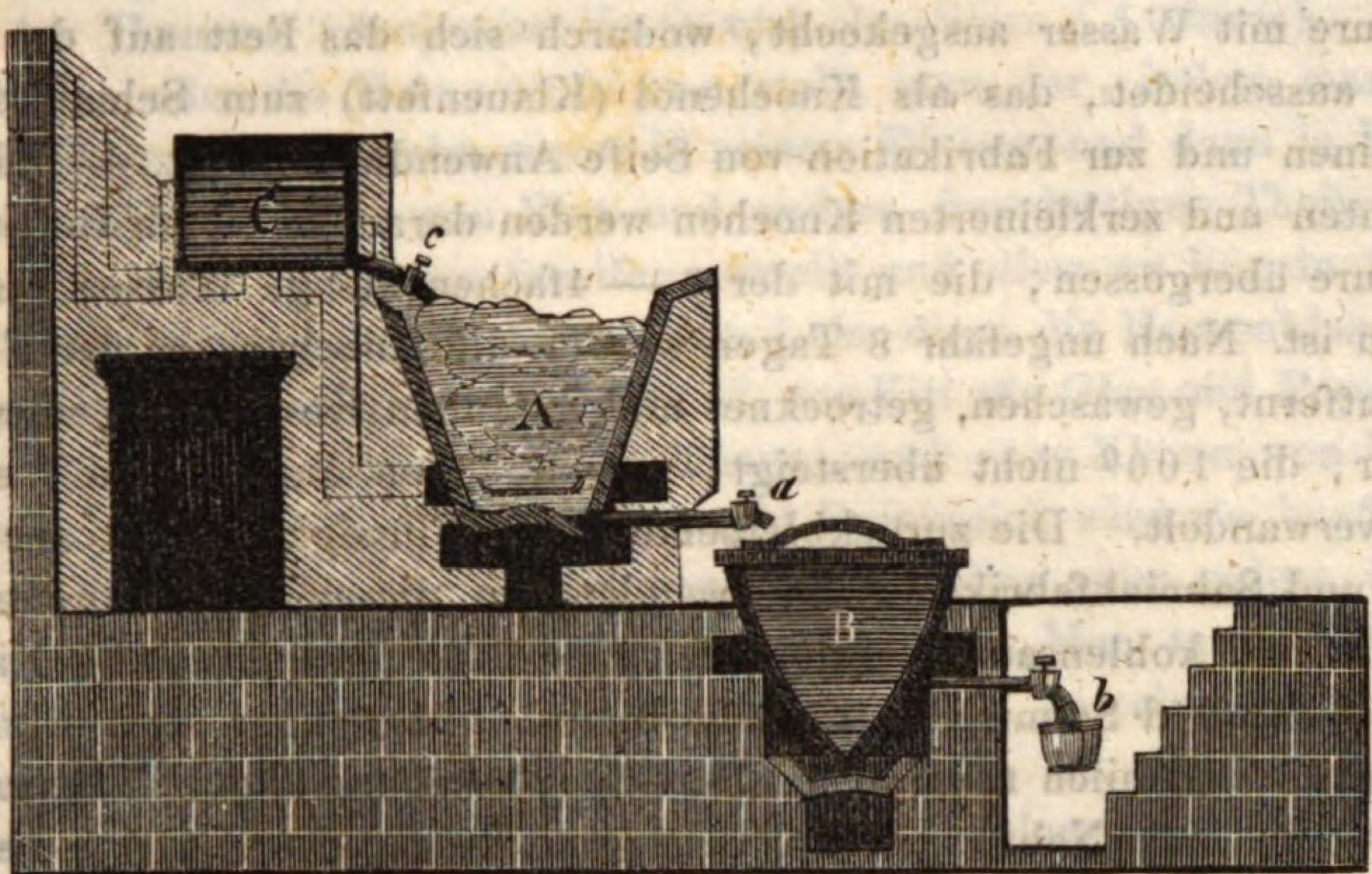
Durch anhaltendes Kochen einer gewissen Anzahl thierischer Gewebe mit Wasser erhält man eine Auflösung des thierischen Stoffes, der die Eigenschaft hat, in der Kälte zu einer Gallerte zu gestehen. Diese Gallerte nennen wir im getrockneten Zustande Leim, das leimgebende Gewebe Collagen. Es sind in chemischer Beziehung zwei Arten von Leim zu unterscheiden, der Knorpelleim oder das Chondrin, das durch Kochen der Knorpel mit Wasser entsteht, und der eigentliche Leim, Knochenleim oder Tischlerleim, der sich durch Kochen der Lederhaut, des Zellgewebes, der Sehnen und Knochen mit Wasser bildet. In gewerblicher Beziehung ist zwischen beiden Leimarten kein Unterschied zu machen. In Bezug auf die Farbe, Klebkraft und Geruch unterscheidet man Leim aus Hauptabfällen, Knochenleim und Fischleim.

Darstellung des Leims aus Abfällen von Haut u. s. w.

In den frühesten Zeiten schon wendete man Abfälle von Häuten u. s. w. zur Darstellung des Leimes an. Wenn die zur Leimfabrikation bestimmten Substanzen wie Hasen- und Kaninchenfelle, Rindsfüsse, Pergamentschnitzel, Häute in denen Indigo und andere Droguen in den Handel kommen (Suronen genannt) etc. nicht sogleich angewendet werden, so muss man dieselben einige Wochen lang in Kalkmilch einweichen, sie dann abtröpfeln lassen und in freier Luft trocknen. Dadurch bezweckt man die Auflösung des Blutes und anderer Stoffe, die besonders leicht in Fäulniss übergehen können. Vor dem Leimsieden werden die leimgebenden Körper in Wasser eingeweicht, das mit Schwefelsäure angesäuert worden ist, und unmittelbar darauf in den Kessel gebracht, derselbe bis zu zwei Drittel mit Regenwasser angefüllt und letzteres ganz allmälig bis zum Sieden erhitzt. Während des Siedens wird umgerührt, damit der Leim am Boden des Kessels nicht anbrenne, und der auf der Oberfläche sich ausscheidende Schaum abgeschöpft. Wenn eine herausgenommene Probe nach dem Erkalten zu einer Gallerte erstarrt, ist die Operation des Kochens beendigt und man lässt die Flüssigkeit durch einen am Boden des Kessels befindlichen Hahn durch ein Drahtsieb in einen hölzernen Kessel fliessen und einige Zeit lang zur Klärung darin stehen. Sehr vortheilhaft bedient man sich zum Leimsieden des in umstehender Figur (Fig. 131 Seite 519) abgebildeten Apparates, der aus drei treppenförmig neben einander aufgestellten Kesseln besteht. Der mittlere Kessel *A* dient zum Auskochen der leimgebenden Substanzen und wird durch freies Feuer geheizt. Nach hinlänglicher Concentration der Abkochung wird dieselbe durch den Hahn *a* in den Kessel *B* gelassen, der durch ein Wasserbad geheizt wird. In diesem Kessel bleibt die Flüssigkeit einige Stunden lang, damit sie sich kläre; darauf wird sie durch den Hahn *b* in den Form-

kasten gebracht. In dem Kessel *C* wird fortwährend Wasser erwärmt, das zum Ersetzen des in *A* verdampften Wassers dient.

Fig. 131.




**Trocknen des Leims.** Die Formkasten sind gewöhnlich von Kiefernholz. Nach 11—24 Stunden ist der Leim in den Formen erkaltet. Man löst ihn dann mittelst eines Messers von der Form los und zertheilt ihn mit einer Art Säge oder mit einem Drahte in Streifen, die auf Horden getrocknet werden. Der Leim bindet um so besser, je kürzere Zeit er gekocht wurde. Um hellen Leim zu erhalten, schlagen einige Leimsieder vor, nach dem Klären etwas Kalkwasser, Alaun oder Kochsalz zuzusetzen.

**Leim aus Knochen.** Die Knochen, aus denen das feste Gerüst des thierischen Körpers besteht, sind aus zwei Hauptbestandtheilen, einer organischen Substanz, dem Knochenknorpel, und einem unorganischen Theile, der Knochenerde, zusammengesetzt.

Nach Berzelius bestehen Menschen- (a) und Ochsenknochen (b) in 100 Th. aus:

| | a. | b. |
|---|---|---|
| Knorpel (in Wasser löslich) . . . . . . . | 32,17 | 33,30 |
| Gefässen . . . . . . . . . . . . . | 1,13 | |
| Phosphorsaurer Kalkerde mit etwas Fluorcalcium | 53,04 | 57,35 |
| Kohlensaurer Kalkerde . . . . . . . . . . | 11,30 | 3,85 |
| Phosphorsaurer Talkerde . . . . . . . . | 1,16 | 2,05 |
| Natron und etwas Kochsalz . . . . . . . | 1,20 | 3,45 |
| | 10,00 | 100,00 |

Die Knochenerde ist in Salzsäure auflöslich. Wenn daher Knochen mit dieser Säure behandelt werden, so wird die Masse durchscheinend und

weich, bis endlich nur der Knorpel allein zurückbleibt. Beim Kochen verwandelt sich derselbe in Leimlösung, die durch suspendirtes Fett und Gefässhäute trübe erscheint. — Wegen des Fettgehaltes der Knochen, der bis zu 5 pCt. betragen kann, werden die Knochen vor dem Behandeln mit Salzsäure mit Wasser ausgekocht, wodurch sich das Fett auf der Oberfläche ausscheidet, das als Knochenöl (Klauenfett) zum Schmieren der Maschinen und zur Fabrikation von Seife Anwendung findet. — Die ausgekochten und zerkleinerten Knochen werden darauf in einem Bottich mit Salzsäure übergossen, die mit der 3 — 4fachen Menge Wasser verdünnt worden ist. Nach ungefähr 8 Tagen werden die Knochen aus der Flüssigkeit entfernt, gewaschen, getrocknet und darauf in Kesseln bei einer Temperatur, die $100^0$ nicht übersteigt, auf die oben angegebene Weise in Leim verwandelt. Die zurückbleibende saure Flüssigkeit wird zur Phosphor- und Salmiakfabrikation angewendet; zu diesem Behufe neutralisirt man sie mit kohlensaurem Ammoniak, es fällt phosphorsaurer Kalk zu Boden, während Salmiak in Lösung bleibt. Man kann auch die saure Lösung mit Kalkmilch neutralisiren, um den phosphorsauren Kalk abzuscheiden. — Der zum Nahrungsmittel bestimmte Leim, die Gélatine alimentaire der Franzosen, wird aus Knochen durch Behandeln derselben im Papin'schen Digestor erhalten. Man wendet dazu entfettete frische Rinds-, Schöpsen- oder Kalbsknochen an. Die Idee, die Gallerte der Knochen als Nahrungsmittel anzuwenden, ging von Papin aus; zur Zeit der ersten französischen Revolution aber wurde Papin's Vorschlag erst wieder aufgenommen. Man wünschte den Armen um billigen Preis eine nahrhafte Kost zu stellen. Männer wie Proust, d'Arcet empfahlen die Knochen, und man ging sogar so weit zu behaupten, dass man die Knochen für von der Natur gefertigte Suppentafeln erklärte. Hierher gehört auch die bekannte sogenannte Rumford'sche Armensuppe, die ein treffliches Nahrungsmittel der Armen zur Zeit der Theuerung abgeben sollte. Die in Hospitälern und Invalidenhäusern eingeführten Zubereitungen wurden bald wieder aufgegeben. Neuere Untersuchungen haben nachgewiesen, dass die Ansicht, als sei Gallerte ein vorzügliches Nahrungsmittel, eine sehr irrige ist, da die Nahrungsfähigkeit der thierischen Gallerte kaum in Betracht gezogen werden kann. — Eben so unzweckmässig sind die sogenannten Suppen- oder Bouillontafeln, die nicht aus Fleisch gemacht sind und aus mehr oder weniger reinem Leim bestehen, der sich von dem Knochenleim nur durch seinen hohen Preis unterscheidet. Die wirksamen Bestandtheile des Fleisches (s. unten) lassen sich natürlich nicht durch Leim ersetzen.

Ein im Handel vorkommender, weisser, durchsichtiger Leim (Grénétine), der aus den feineren Sorten der bei der Lederfabrikation entstehenden Abfälle der Häute gesotten wird, dient zur Bereitung geniessbarer Gelées, zur Appretur von Zeugen und zum Klären des Weines, zur Fabrikation von durchsichtigen Oblaten, Glaspapier, zum Ueberziehen von

Pillen und zu Kapseln für übelschmeckende Arzneien wie Copaivabalsam, Leberthran u. s. w.

Leim aus Hausenblase. Die weisseste Sorte Leim erhält man aus den häutigen und zellenartigen Theilen einiger Fische, namentlich der Schwimmblase des Hausens (*Accipenser Huso*) und des Störs (*A. Sturio*). Den Fischleim oder die Hausenblase stellt man dar, indem man die Schwimmblasen dieser Fische zuerst in reinem Wasser und dann in Kalkwasser einweicht, um sie von Blut und andern fremdartigen Theilen zu reinigen, sie dann zu langen Streifen ausrollt und diese zu Bügeln biegt oder zu Blättern ausplattet. Ausser zum Leim dient die Hausenblase zur Bereitung der Perlenessenz (s. Seite 114), von Kitt für Glas und Porcellan (s. Seite 500), zum Appretiren der Zeuge, und zum Klären von Wein und Bier (s. Seite 442). In England und Frankreich wird sie häufig in Gestalt von Gelée als Nahrungsmittel angewendet. Eine ganz andere, interessante Anwendung der Hausenblase ist folgende: Man taucht Drahtgitter in eine klare Hausenblasenlösung, wodurch in einer jeden der Maschen ein feines Häutchen hervorgebracht wird, so dass nach dem Trocknen das Ganze einer Glasscheibe gleicht. Man überzieht darauf das Gitter auf beiden Seiten mit einem Harzfirniss, um die Hausenblase gegen Feuchtigkeit zu schützen. In Frankreich ist gegenwärtig auf allen Seearsenalen dieses mit Hausenblase überzogene Drahtgeflechte anstatt des früher angewendeten Horns eingeführt worden. Eine Hausenblasenlösung auf Taffet gestrichen, bildet das englische Pflaster, auf Spiegelglas zu einer dünnen, durchsichtigen, biegsamen Platte eingetrocknet, die Leimfolie. — Die unter dem Namen ostindische Hausenblase in der neuesten Zeit in den Handel gekommene Substanz scheint die eingetrockneten Eier einer grossen Schlange zu sein.

Anwendung des gewöhnlichen Leims. Der Leim wird sehr mannigfaltig angewendet; am gewöhnlichsten benutzt man ihn zum Zusammenkleben von Holz und Papier; mit Zuckersyrup eingedampft liefert er das Material zu den Auftragewalzen der Buchdrucker und den bekannten Pygmäengesichtern; er wird ferner angewendet zum Klären von Wein, zum Leimen des Papieres u. s. w.

Flüssiger Leim. Wenn man eine heisse Lösung von Leim mit kleinen Mengen von Salpetersäure versetzt, so bleibt der Leim auch nach dem Erkalten flüssig und ist in dieser Form zur Anwendung in vielen Fällen sehr bequem. Man nimmt auf 40 Th. trocknen Leim 60 Th. Wasser und 1,4 Th. Salpetersäure.

Mundleim. Der Mundleim wird aus gewöhnlichem Leim, Zucker und einigen Tropfen eines wohlriechenden Oeles dargestellt.

Vogelleim. Der Vogelleim, der auf Leimruthen gestrichen, zum Fangen der Vögel dient, wird dargestellt entweder durch Auskochen der Misteln (Viscum) oder der Stechpalmrinde (Ilex aquifolium) und Versetzen der bis zu einem zähen Leim abgedampften Flüssigkeit mit etwas

Schusterpech, oder durch Einkochen von Leinöl, oder durch Vermischen einer möglichst concentrirten Leimlösung mit Chlorzink.

## Die Phosphorfabrikation.

Phosphorfabrikation.

Die Phosphorfabrikation ist entweder ein selbstständiger Industriezweig, wo dann das Rohmaterial rohe oder gebrannte Knochen und Schwefelsäure abgeben, oder sie wird mit und neben der Fabrikation von Knochenleim, Salmiak und Blutlaugensalz betrieben.

Der Phosphor findet sich in der Natur an Sauerstoff gebunden als Phosphorsäure überaus häufig. Geringe Mengen von Phosphorsäure lassen sich durch empfindliche Reagentien fast in jedem Mineral nachweisen. In grösserer Menge findet sie sich in den Mineralien Apatit, Grünbleierz, im Vivianit und vielen Eisenerzen. Indem diese Mineralien verwittern, geben sie der pflanzentragenden Erdoberfläche, der Ackerkrume, die nothwendige Phosphorsäure, welche den Pflanzen als Nahrungsmittel zugeführt wird. Die Phosphorsäure häuft sich hauptsächlich in den Samenkörnern der Vegetabilien an. Aus den Pflanzen gelangt die Phosphorsäure in den Thierkörper, zu dessen Existenz sie unumgänglich nothwendig ist, da das Gerüste des Körpers, wie schon erwähnt, als hauptsächlichsten Bestandtheil phosphorsauren Kalk enthält. Da der Phosphor in der unorganischen Natur zwar sehr häufig, aber nie in grosser Menge angehäuft vorkommt, so benutzt man diejenigen Substanzen der organischen Welt, in welchen der Phosphor von der Natur aufgespeichert worden ist — nämlich die Knochen. Nur der Umstand, dass die Pflanzen und Thiere dem Fabrikanten vorarbeiten, macht es möglich, den Phosphor so wohlfeil darzustellen, als es wirklich geschieht. Wie wir oben gesehen haben, bestehen die Knochen ungefähr aus $^1/_3$ organischer und aus $^2/_3$ unorganischer Substanz. Wenn man Knochen längere Zeit glüht, so verbrennen die organischen Bestandtheile und es bleiben die unorganischen Körper, beinahe weiss von Farbe, in der Form der Knochen zurück. Man bezeichnet diese weisse Masse mit dem Namen Knochenerde, Knochenasche. Die Darstellung derselben ist die erste Operation der Phosphorfabrikation. Zu diesem Zwecke calcinirt man die Knochen in einem Ofen, der einem zum Kalkbrennen angewendeten ähnlich ist. In grossen Phosphorfabriken benutzt man einen Ofen mit ununterbrochenem Gange (s. Seite 140), der so construirt ist, dass die im Anfange der Calcination sich entwickelnden übelriechenden Dämpfe nicht ins Freie gelangen, sondern im Ofen verbrennen. Die zurückbleibende Knochenasche besteht aus ungefähr 80 Th. phosphorsaurem Kalk ($PO_5 + 3\ CaO$), 16—18 Th. kohlensaurem Kalk und 2—4 Th. Sand, Thon, Kochsalz u. s. w. Die calcinirten Knochen werden sodann durch aufrecht stehende rollende Mühlsteine gemahlen und gesiebt. Wo die

Darstellung der Knochenasche.

Phosphorfabrikation mit der Knochenleim- und Salmiakgewinnung verknüpft ist, schlägt man den phosphorsauren Kalk aus der salzsauren Lösung mit Hülfe von kohlensaurem Ammoniak nieder.

Zersetzung der Knochenasche. Um aus der Knochenasche den Phosphor möglichst zu concentriren, scheidet man den grössten Theil des Kalkes durch Schwefelsäure ab. Dies geschieht, indem man in ein Gemenge von 40 Th. concentrirter Schwefelsäure und 100 Th. siedenden Wassers, 40 Th. Knochenpulver einträgt. Es findet dabei ein lebhaftes Aufbrausen statt. Um die Zersetzung zu befördern, wird die Masse von Zeit zu Zeit umgerührt und nach beendigter Reaction 8—10 Stunden lang absetzen gelassen. Darauf lässt man die Flüssigkeit auf Filter und von dort in die Abdampfgefässe laufen. Die Zersetzung geht auf folgende Weise vor sich: Durch Uebergiessen des Knochenpulvers, das, wenn wir von den übrigen unwesentlichen Bestandtheilen absehen, die Formel $PO_5 + 3\,CaO$ hat, mit Schwefelsäure, bilden sich Gyps und saurer phosphorsaurer Kalk, denn:

$$\underbrace{(PO_5 + 3\,CaO)}_{\text{Knochenerde.}} + 2\,SO_3,\,HO = \underbrace{2\,CaO,\,SO_3}_{\text{Gyps.}} + \underbrace{CaO,\,PO_5,\,2\,HO}_{\text{Saur. phosphors. Kalk.}}$$

Der Gyps bleibt ungelöst zurück, während die Lösung des sauren phosphorsauren Kalkes abgegossen wird. Diese Lösung wird entweder durch leinene Säcke filtrirt oder durch Absetzenlassen von dem darin suspendirten Gypse befreit. Eben so wird der in dem Zersetzungsgefäss befindliche Gyps wiederholt ausgewaschen. Die vereinigten Flüssigkeiten werden sodann in bleiernen Abdampfgefässen bis zur Syrupsconsistenz abgedampft, der Syrup mit 20 pCt. feiner Holzkohle gemischt und in gusseisernen Kesseln unter fortwährendem Umrühren zur Trockne gebracht, um das basische Wasser des sauren phosphorsauren Kalkes ($PO_5$, $CaO$, $2\,HO$) möglichst vollständig zu entfernen. Die trockne Masse besteht mithin aus Kalkphosphat von der Formel $CaO$, $PO_5$ und Kohle. Behufs der Phosphorgewinnung wird dieselbe stark erhitzt. Das Erhitzen geht in Retorten aus gutem feuerfesten Thon vor sich, die sich in einem Ofen befinden (s. Fig. 132 nächste Seite), in welchem sie einer starken Rothglühhitze ausgesetzt werden. Gewöhnlich stehen in einem Flammenofen fünf Retorten (s. Fig. 133 nächste Seite) neben einander, die ungefähr bis zu $^3/_4$ mit dem Gemenge angefüllt sind. Der Hals der Retorte führt in ein gebogenes Rohr *D* und letzteres in ein Gefäss mit Wasser *B*, in welchem sich eine Röhre *C* zum Ableiten der Gasarten befindet. Alle Fugen müssen sorgfältig lutirt werden. Während des Erhitzens entwickeln sich zuerst Wasserdämpfe, dann Sumpfgas und Kohlenoxyd, später, wenn die Phosphorsäure durch die Kohle zersetzt wird, erzeugt sich neben dem Kohlenoxyd Phosphorwasserstoffgas, das an der Mündung des Ableitungsrohres verbrennt und weisse Dämpfe bildet. An der Bildung dieser letzteren erkennt man, dass der Phosphor überzu-

destilliren beginnt. Nach ungefähr 60 Stunden ist die Operation beendigt. Sucht man sich den Vorgang stöchiometrisch zu verdeutlichen, so kann dazu, wenn man von der Erzeugung des Phosphorwasserstoffs und des Sumpfgases absieht, folgende Gleichung dienen:

$$3\,(CaO,\,PO_5) + 10\,C = PO_5,\,3\,CaO + 2\,P + 10\,CO.$$

Fig. 132.

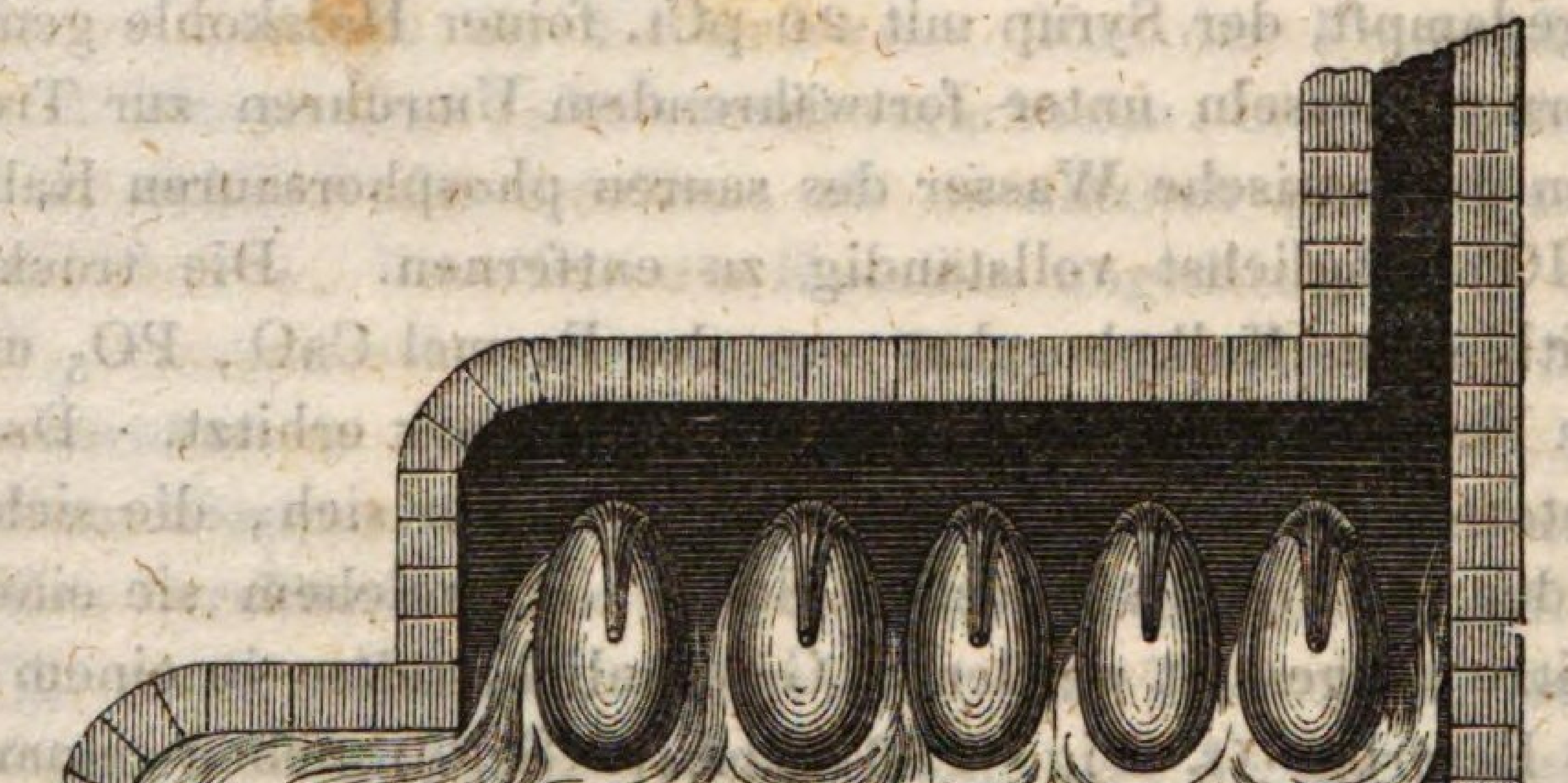



Man erhält, wie aus dieser Gleichung hervorgeht, nur $^2/_3$ des in dem sauren phosphorsauren Kalke enthaltenen Phosphors, indem $^1/_3$ des Phosphors in der Retorte in der Form von basisch phosphorsaurem Kalk zurückbleibt, welche Verbindung durch Kohle nicht zersetzt wird.

Reinigung und Formen des Phosphors.

Der in dem Wasser der Vorlage enthaltene Phosphor ist nicht rein, sondern enthält Kohle, rothen Phosphor, Kohlenphosphor und andere fremde Substanzen; um ihn von diesen Körpern zu befreien, schmilzt man denselben unter Wasser, das bis auf 60° erhitzt worden ist, bringt die erkaltete Masse in Sämischleder, taucht sie von Neuem

Fig. 133.



in heisses Wasser und presst den Phosphor durch das Leder hindurch. In neuerer Zeit reinigt man den Phosphor durch Filtration über gröblich gepulverte Thierkohle. Zu diesem Zwecke breitet man die Kohle in dem Gefäss *A* (Fig. 134 siehe nächste Seite) auf dem durchlöcherten Boden

einige Zoll hoch aus, und füllt das Gefäss zu $^2/_3$ mit Wasser, dessen Temperatur durch das Wasserbad *B* auf 60° erhalten wird. Der in das Gefäss *A* gebrachte Phosphor schmilzt, filtrirt durch die Kohle und fliesst durch den Hahn *C* und das Rohr *E* (Fig. 135) in das Gefäss *F*, das mit Wasser gefüllt und durch das Wasserbad *G* erwärmt wird; der Boden

Fig 134.

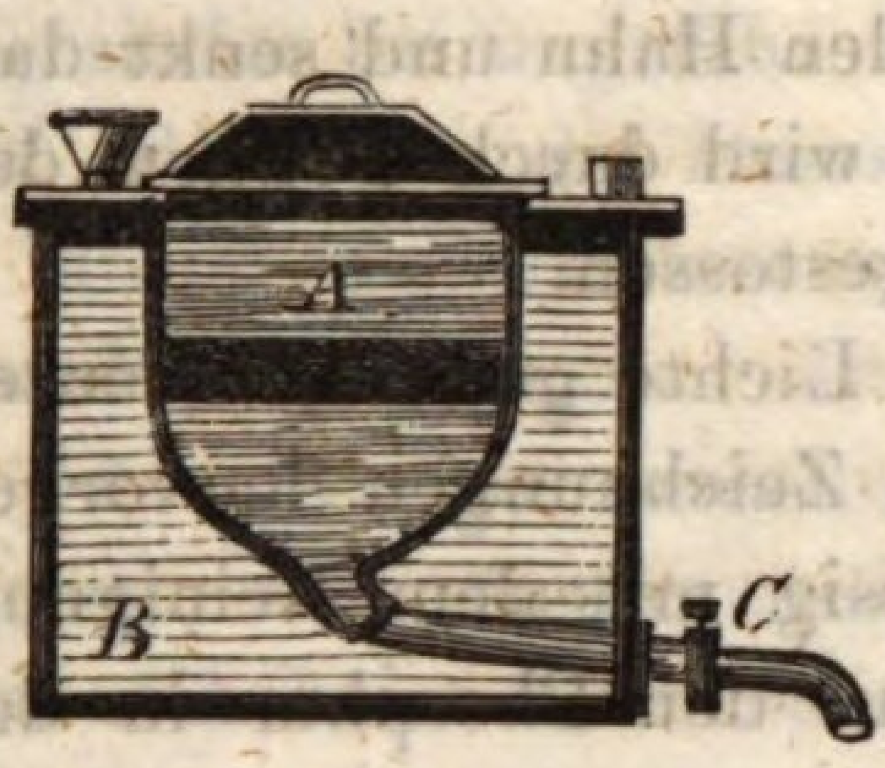
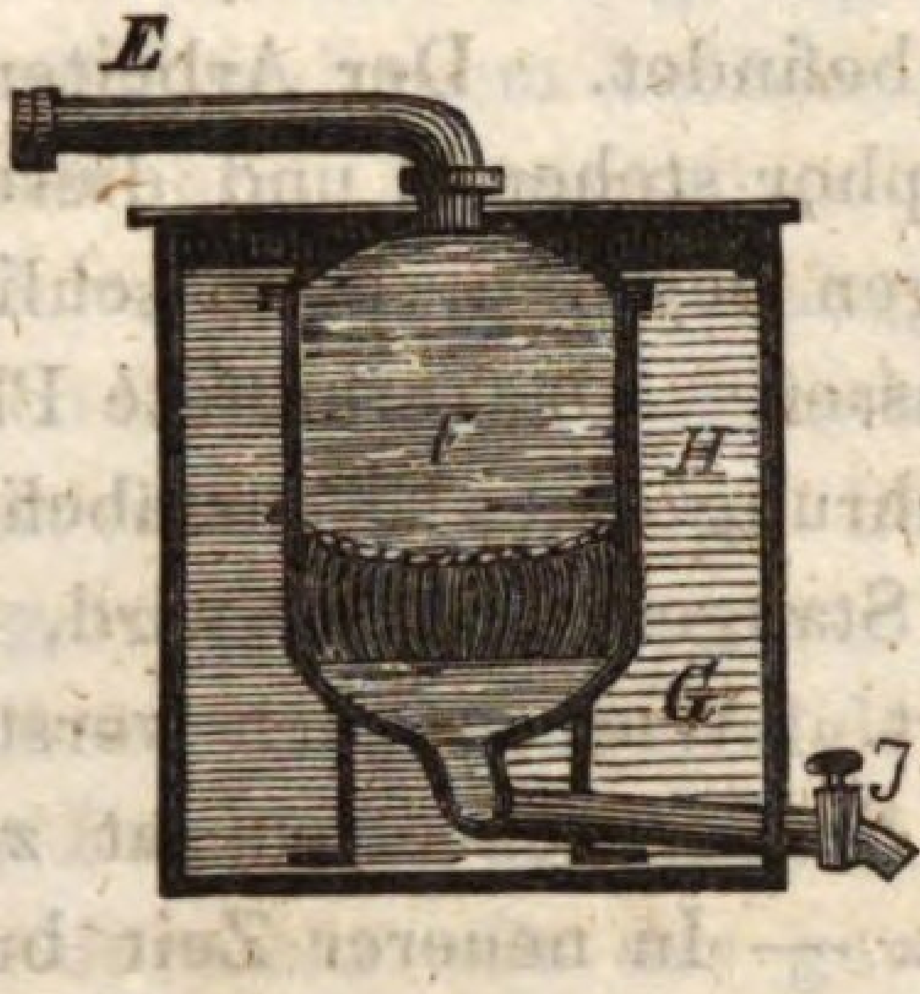


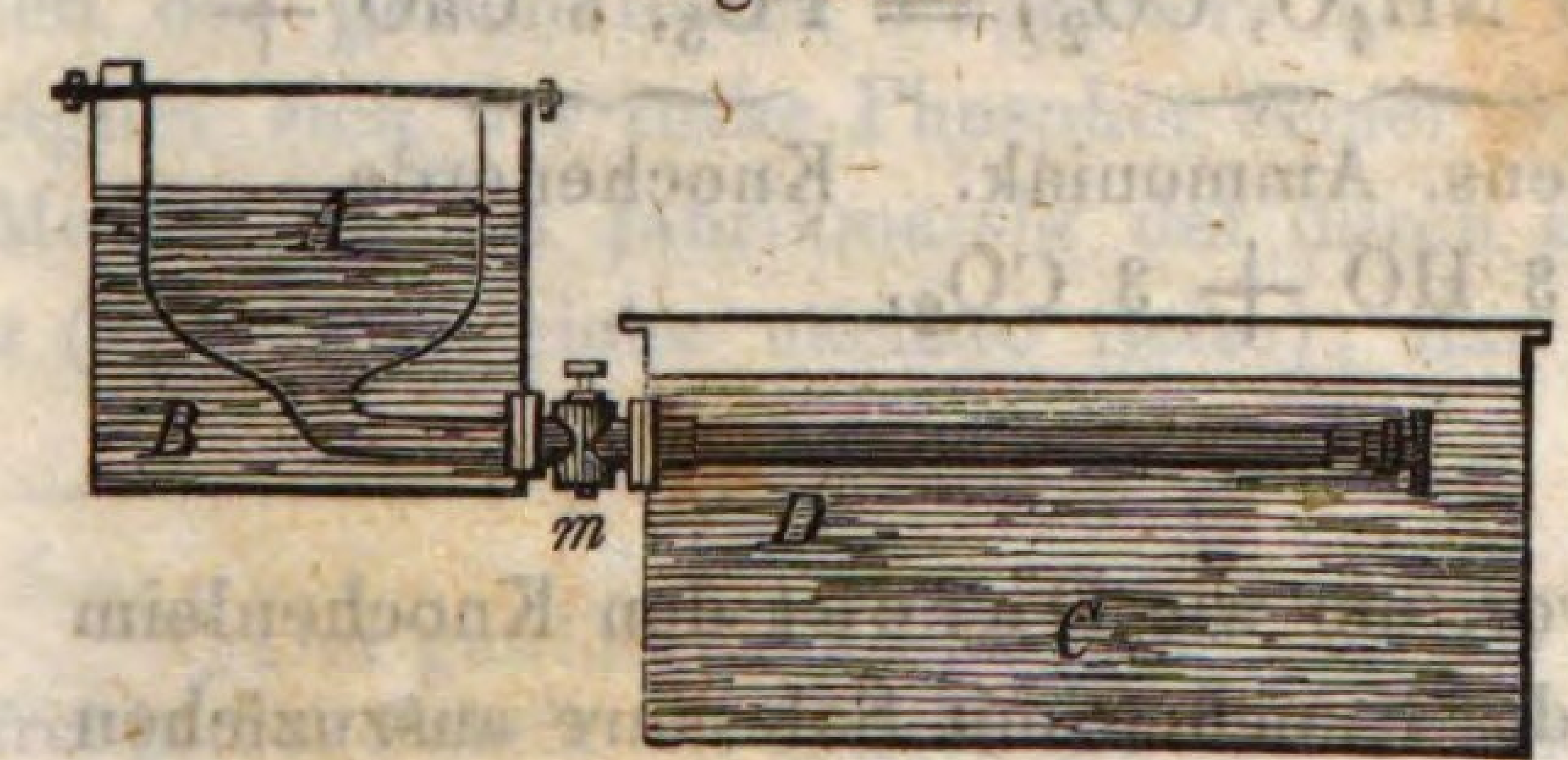

Fig. 135.




dieses Gefässes ist kugelförmig. Bei *H* befindet sich ein mit Sämischleder bedeckter durchlöcherter Boden, durch welchen der geschmolzene Phosphor vermittelst Wasserdruck gepresst wird. Der Phosphor fliesst durch den Hahn *I* ab. In den französischen Phosphorfabriken bedient man sich zur Reinigung des Phosphors Platten aus Charmottemasse, die in eiserne Cylinder gesenkt und mit einer Dampfmaschine in Verbindung gesetzt sind; in den Cylindern enthaltene gespannte Wasserdämpfe pressen den geschmolzenen Phosphor durch die porösen Platten. In den meisten deutschen Fabriken reinigt man den Phosphor durch Destillation aus Retorten von Gusseisen, deren Hälse etwas unter Wasser tauchen.

Um ihn bequemer handhaben zu können, bringt man den Phosphor gewöhnlich in Stangenform in den Handel. Zu diesem Zwecke liess man früher den Phosphor unter Wasser in langröhrigen Glastrichtern, oder saugte ihn vermittelst Kautschukblasen in Glasröhren auf; diese Röhren wurden dann verstopft in kaltes Wasser gebracht und der erstarrte Phosphor heraus gestossen. Jetzt bedient man sich häufig zum Formen des Phosphors des Seubert'schen Apparates (Fig. 136). Derselbe besteht aus dem kupfernen Kessel *A*, mit welchem die Röhre *D* verbunden ist, die in das mit kaltem Wasser angefüllte Reservoir *C* mündet. Der Kessel *A*, in welchem der Phosphor geschmolzen wird, wird durch das Wasserbad *B* geheizt. Wenn der Phosphor geschmolzen ist, öffnet man den Hahn *m*, der Phosphor fliesst in

Fig. 136.



die Röhre *D* und erstarrt daselbst zu einer Stange, die herausgenommen wird, um einer andern Portion Phosphor Platz zu machen. Auf diese Weise ist ein Arbeiter im Stande, 100 Pfund Phosphor in 6 Stunden in Stangen zu verwandeln. Neuerdings ist in den Phosphorfabriken das Seubert'sche Verfahren wieder durch das ältere mittelst Aufsaugens verdrängt worden. Es wird in der Weise ausgeführt, dass jedes Glasrohr mit einem eisernen Ansatz als Saugrohr versehen ist, in dessen Mitte sich ein Hahn befindet. Der Arbeiter saugt an dem Eisenrohre, bis das über dem Phosphor stehende und diesem voransteigende Wasser in das erstere einzudringen beginnt, dann schliesst er den Hahn und senkt das Rohr in kaltes Wasser. Der erkaltete Phosphor wird durch Oeffnen des Hahnes und Einführung eines Eisenstäbchens ausgestossen.

Der Stangenphosphor wird, vor dem Lichte geschützt, unter Wasser aufbewahrt. Wie aus den vorstehenden Zeichnungen hervorgeht, wird jetzt der Seubert'sche Apparat zweckmässig mit dem Reinigungsapparat verbunden. — In neuerer Zeit bringt man den Phosphor in der zweckmässigen Form von Körnern in den Handel.

Darstellung des Phosphors nach Wöhler.

Nach Wöhler soll man unmittelbar Knochenkohle (schwarzgebrannte Knochen) mit Holzkohle und Quarzsand (Kieselerde) in der Weissglühhitze in irdenen Cylindern zersetzen. Die in dem Quarzsand enthaltene Kieselsäure verbindet sich mit dem Kalk der Knochen zu kieselsaurem Kalk, während die frei gewordene Phosphorsäure eben so wie nach der oben angegebenen Methode durch die Kohle reducirt wird;

$$(PO_5, 3\ CaO) + 5\ C + 6\ SiO_3 = 3\ (CaO, 2\ SiO_3) + 5\ CO + P.$$

Leider ist bei der Darstellung des Phosphors nach dieser Methode eine ausserordentlich hohe Temperatur erforderlich.

Darstellung des Phosphors als Nebenproduct bei der Leimfabrikation.

Ist mit der Phosphorfabrikation eine Leimfabrikation verbunden, so entzieht man nach Darcet den Knochen die mineralischen Bestandtheile durch Salzsäure und verarbeitet, wie Seite 520 angegeben worden ist, die zurückbleibende Masse auf Leim. Die salzsaure Lösung wird mit rohem, durch die trockne Destillation thierischer Substanzen gewonnenen kohlensauren Ammoniak neutralisirt. Es fällt Knochenerde zu Boden, während die Lösung Salmiak enthält und behufs dessen Gewinnung abgedampft wird:

$$\underbrace{(PO_5, 3\ CaO + 3\ ClH)}_{\text{Saure Lösung.}} + \underbrace{(3\ NH_4O, CO_2)}_{\text{Kohlens. Ammoniak.}} = \underbrace{PO_5, 3\ CaO}_{\text{Knochenerde.}} +$$

$$\underbrace{3\ NH_4\ Cl}_{\text{Salmiak.}} + 3\ HO + 3\ CO_2.$$

Fleck's Methode der Phosphordarstellung.

Fleck schlägt vor, um wie Darcet den Knochenleim gewinnen zu können, die Knochen mit Salzsäure auszuziehen und die salzsaure Lösung von phosphorsaurem Kalke abzudampfen, wobei

Kalkphosphat von der Formel $PO_5$, CaO, 2 HO sich krystallinisch abscheidet. Das von der Mutterlauge befreite Phosphat wird wie gewöhnlich mit Holzkohlenpulver gemischt, destillirt. In den Retorten bleibt neutraler phosphorsaurer Kalk mit Kohle gemischt zurück, der nach dem Verbrennen der Kohle wieder mit Salzsäure behandelt wird.

Eigenschaften des Phosphors.

Der Phosphor ist ein weisser, durchscheinender Körper, der bei gewöhnlicher Temperatur sich schneiden lässt und gebogen werden kann, ohne zu zerbrechen. Er ist von eigenthümlichem knoblauchartigen Geruche, wird bei + 34° spröde, schmilzt bei 44° zu einer farblosen Flüssigkeit, siedet bei ungefähr 300° und verwandelt sich dabei in farblose Dämpfe. Bis 75° an der atmosphärischen Luft erhitzt, entzündet er sich. Wenn man ihn im geschmolzenen Zustande in kaltes Wasser bringt, so erstarrt er und wird schwarz. Durch längere Zeit fortgesetztes Erhitzen bei 240 — 260° in einer sauerstofffreien Atmosphäre verwandelt sich der Phosphor in ein amorphes carmoisinrothes Pulver (amorphen Phosphor), das sich beim Erhitzen an der Luft nicht wie der gewöhnliche Phosphor verhält, bei 290° aber wieder in denselben übergeht. Der Phosphor entzündet sich durch Reiben, er muss deshalb unter Wasser aufbewahrt werden. Wenn man trocknen Phosphor an die Luft bringt, so sieht man Nebel emporsteigen, die im Dunkeln eben so wie der Phosphor selbst leuchten. Dieses Leuchten entsteht nicht, wie man bisher annahm, durch eine langsame Oxydation des Phosphors, sondern nur durch ein langsames Verdunsten desselben.

Anwendung des Phosphors.

Wegen seiner Eigenschaft, sich beim Reiben an harten Körpern sehr leicht zu entzünden, findet der Phosphor zur Darstellung der Zündrequisiten die ausgedehnteste Anwendung. Von der Fabrikation derselben wird unten bei den Feuerzeugen die Rede sein. Der Phosphor dient ferner zum Vergiften der Ratten. Man stellt dieses Vertilgungsmittel dar, indem man 1 Th. Phosphor unter 64 Th. bis auf ungefähr 50° erwärmtem Wasser schmilzt, darauf 64 Th. Mehl hinzusetzt und das Ganze innig mengt.

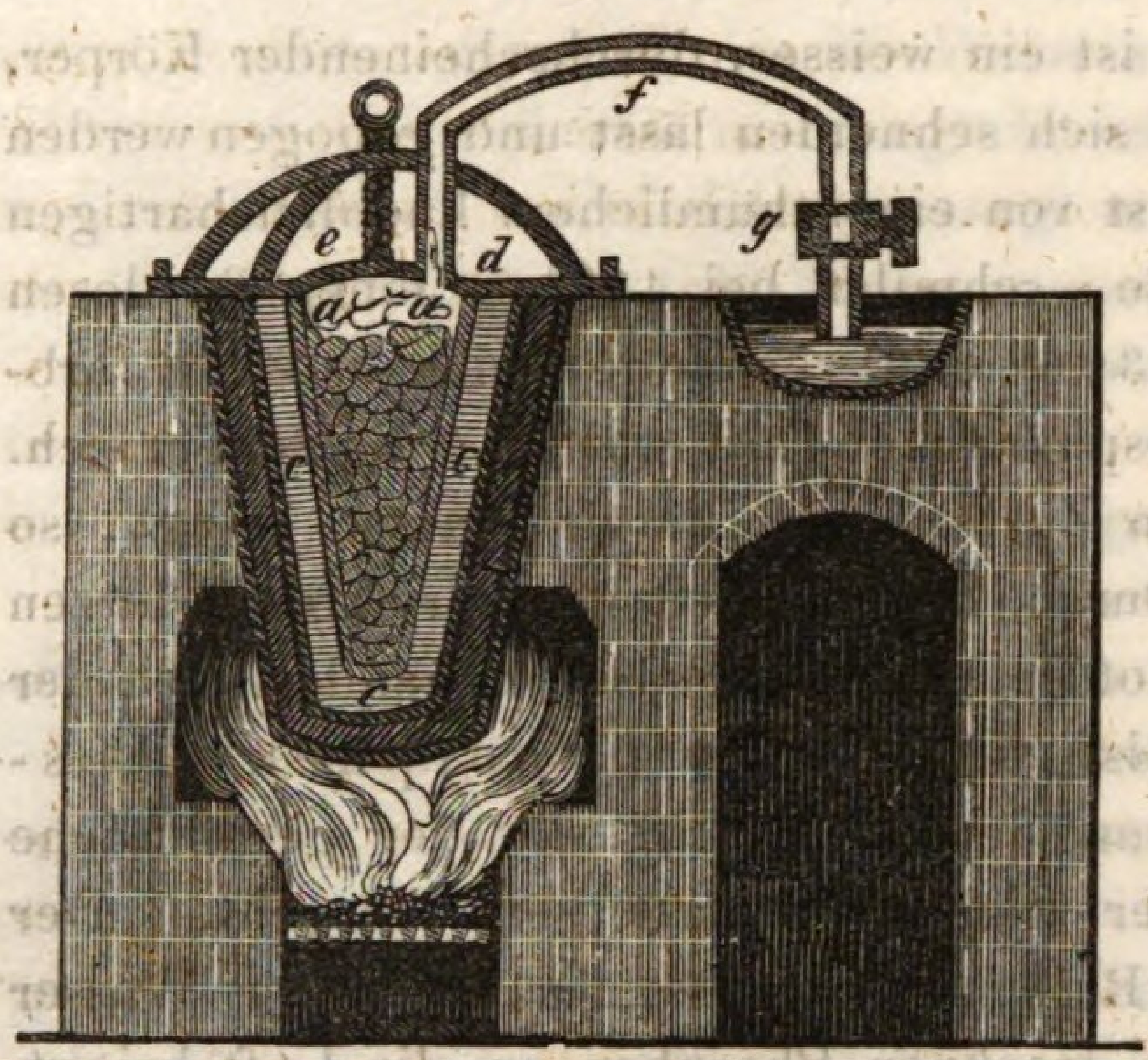
Amorpher Phosphor.

Der oben erwähnte amorphe oder rothe Phosphor wird jetzt fabrikmässig dargestellt, da er vor dem gewöhnlichen Phosphor manche Vorzüge zeigt. Er lässt sich mit Zucker etc. zusammenreiben, ohne dass eine Entzündung zu befürchten wäre, auch besitzt er die giftigen Eigenschaften des gewöhnlichen Phosphors nicht*). Für die Zündholzfabrikation eignet sich der rothe Phosphor seiner Schwerentzündlichkeit wegen nicht. Man stellt ihn fabrikmässig dar durch Erhitzen in einem Porcellangefäss *a* (Fig. 137 siehe nächste Seite), das ungefähr bis auf $^5/_6$ mit Phos-

*) Der gewöhnliche Phosphor, so wie der amorphe werden völlig arsenikfrei in der Fabrik der Herren Riemann und Graf zu Altenburg bei München dargestellt.

phorstückchen angefüllt ist, bis ungefähr auf 220 — 230°. Das Porcellangefäss steht in einem Sandbad *c*, das durch ein Metallbad *d* erwärmt wird. Das Gefäss *a* ist durch einen aufgeschraubten Deckel *e* verschlossen. Von dem Deckel führt ein mit einem Hahn *g* versehenes gebogenes Rohr *f* in ein Gefäss mit Wasser. Durch dieses Rohr entweicht im Anfang des Erhitzens die über dem Phosphor in *a* befindliche Luft. Sobald dies geschehen, wird der Hahn *g* verschlossen und das Erhitzen fortgesetzt, bis der Phosphor vollständig in ein rothes Pulver übergeführt worden ist. Der rothe Phosphor wird sodann gesiebt und mit Wasser ausgewaschen.

Fig. 137.




## Die Knochenkohle.

Knochenkohle.

Die Knochenkohle oder das Beinschwarz erhält man durch Verkohlen von Knochen. Die grosse Anwendung dieser Substanz in der Zuckerfabrikation macht sie zu einer sehr wichtigen. Wenn man Knochen vor dem Zutritt der Luft geschützt, glüht, so zersetzt sich die organische Substanz und der Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff verflüchtigen sich mit einem Theile des Kohlenstoffs als brenzliche Oele, namentlich aber als kohlensaures Ammoniak. Als Rückstand bleibt eine schwarze Masse, die noch vollkommen die Knochenstructur beibehalten hat.

Darstellung der Knochenkohle.

Ehe man die Knochen verkohlt, müssen dieselben zur Entfernung des Fettes mit Wasser ausgekocht und getrocknet werden. Das so erhaltene Fett giebt ein werthvolles Nebenproduct der Knochenkohlefabrikation ab. Man verkohlt die Knochen entweder auf die Weise, dass man die flüchtigen Producte dabei auffängt, oder dass man dieselben verbrennen lässt. Im ersteren Falle bringt man die Knochen in eiserne Retorten oder Cylinder, ähnlich denen, in welchen die Steinkohlen behufs der Leuchtgasfabrikation verkohlt werden, und fängt die bei der Verkohlung entweichenden Producte in Vorlagen und Kühlapparaten auf. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass man auf diese Weise eine minder entfärbende Kohle erhält, als wenn man die Knochen in Töpfen verkohlt und die flüchtigen Producte verbrennen lässt. Man benutzt daher jetzt allgemein die letztere Methode, die so ausgeführt wird, dass man eiserne

Töpfe mit zerschlagenen Knochen füllt, die Töpfe über einander stürzt, die Fugen zwischen den Mündungen mit Lehm verstreicht und die Töpfe in den Brennraum eines Ofens bringt, in welchem sie durch die Flammen eines daneben liegenden Feuerraums erhitzt werden. Nach einiger Zeit entzünden sich die aus den Fugen der Töpfe austretenden Dämpfe von selbst und bewirken das fernere Verkohlen der Knochen, dessen Beendigung man an dem Aufhören der Dämpfeentwickelung erkennt. Auf diese Weise erhält man 55—60 pCt. Knochenkohle, in der die eigentliche Kohle mit fast der zehnfachen Menge ihres Gewichtes an mineralischen Bestandtheilen gemengt ist. Eine Analyse getrockneter Knochenkohle gab in 100 Theilen: 10 Th. Kohle, 84 Th. phosphorsauren und 6 Th. kohlensauren Kalk.

Die verkohlten Knochen werden durch besondere Maschinen gekörnt, wobei die Erzeugung von feinem Pulver möglichst vermieden werden muss, da die feine Knochenkohle weit weniger Werth hat, als die gekörnte.

Eigenschaften der Knochenkohle. Die Knochenkohle hat im hohen Grade die Eigenschaft, organische und unorganische Stoffe aus Lösungen aufzunehmen. Diese merkwürdige Wirkung scheint von einer Flächenanziehung herzurühren, obgleich aber auch die Kohle chemische Verbindungen zu trennen vermag. Von der Eigenschaft, unorganische Stoffe in ihren Poren aufzunehmen, macht man die ausgedehnteste Anwendung zum Entkalken des Zuckersaftes in den Zuckerfabriken (vergl. S. 399). Man vermindert die entkalkende Kraft der Kohle, wenn man derselben die unorganischen Bestandtheile durch Salzsäure entzieht, und doch ist diese Behandlung erforderlich, wenn man die Kohle zum Entfärben saurer Flüssigkeiten anwenden will.

Anstatt der Knochenkohle hat man versucht, Kohle durch Glühen von 4 Th. frischem Blut und 1 Th. gewöhnlicher Potasche, oder durch Verkohlen eines Gemenges von 100 Th. Pfeifenthon, 20 Th. Theer und 500 Th. Steinkohlenpulver erhalten, anzuwenden.

Probe der Knochenkohle. Je grösser das Entfärbungsvermögen der Knochenkohle ist, desto höher ist der Werth derselben. Es liegt deshalb in dem Interesse eines Fabrikanten, so wie in dem eines Producenten, die entfärbende Kraft einer Kohle kennen zu lernen. Dies geschieht, indem man die Kohle mit einer anderen von bekannter Qualität vergleicht. Payen schlägt dazu vor, gleiche Volumen mit gebranntem Zucker gefärbten Wassers mit gleichen Gewichtsmengen Kohle zu behandeln und die Flüssigkeiten abzufiltriren. Diejenige Kohle, welche die hellste Flüssigkeit giebt, ist demnach auch die beste Sorte. Bei der Bestimmung der relativen entfärbenden Wirkung mehrerer Kohlensorten erhielt Bussy bei gleichen Gewichtsmengen folgende Resultate:

| | |
|---|---|
| Gewöhnliche Knochenkohle . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Knochenkohle mit Salzsäure behandelt . . . . . . . | 1,6 |
| Ausgezogene Knochenkohle mit kohlensaurem Kali geglüht | 20 |

| | |
|---|---|
| Blut mit kohlensaurem Kali geglüht . . . . . . . . | 20 |
| Blut mit kohlensaurem Kalk geglüht . . . . . . . . | 20 |
| Leim mit kohlensaurem Kali geglüht . . . . . . . . | 15,5 |

Revivication der Knochenkohle. Bekanntlich wird die Knochenkohle hauptsächlich zur Entfärbung und Entkalkung des Zuckersaftes angewendet. Wenn eine gewisse Menge dieses Saftes durch die Kohle filtrirt worden ist, so hat dieselbe ihre entfärbende Kraft verloren. Zum Theil kann das Entfärbungsvermögen durch verschiedene Mittel der Kohle wieder ertheilt werden. Diese Mittel, durch die man die Wiederbelebung (Revivication) der Kohle bezweckt, sind Glühen, Auswaschen, Gährenlassen oder die Anwendung des Wasserdampfes. Fast allgemein führt man jetzt die Wiederbelebung der Kohle so aus, dass man dieselbe erst durch Wasser von allen löslichen Theilen befreit und darauf durch Glühen die organischen Substanzen zerstört. Die gebrauchte Thierkohle lässt sich auf diese Weise 20—25 Mal wieder beleben. Diese Methode hat den Nachtheil, dass während des Glühens die organischen Substanzen nicht vollständig zerstört werden und als Kohle in den Poren der Thierkohle zurückbleiben, wodurch die entfärbende Kraft der Kohle verringert wird. Vortheilhafter ist es, die Kohle erst gähren zu lassen, dann vermittelst Wasser oder verdünnter Salzsäure auszuwaschen und zuletzt zu glühen.

Surrogate der Knochenkohle. Als Ersatzmittel für die Knochenkohle hat man geglühten bituminösen Schiefer vorgeschlagen. Diese thonhaltige Kohle entzieht dem Zuckersafte allerdings die färbenden Substanzen, nicht aber die Kalkbestandtheile. Ein nicht unbedeutender Gehalt an Einfach-Schwefeleisen verhindert ausserdem die Anwendung in der Zuckerfabrikation.

## Die Milch.

Milch. **Milch** ist die bekannte in den Brustdrüsen der weiblichen Säugethiere abgesonderte Flüssigkeit, welche alle dem Thierkörper nothwendigen organischen und unorganischen Substanzen in hinreichender Menge enthält, um an und für sich bei längerem Genuss nahrungsfähig zu sein, und alle den Jungen erforderlichen Substanzen in einer zum Wachsthum hinreichenden Menge zu liefern. Die Hauptbestandtheile der Milch sind Milchzucker, Caseïn (Käsestoff), Butter, mehrere unorganische Substanzen wie Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaures Kali u. s. w. und Wasser. Die mittlere procentische Zusammensetzung der Kuhmilch ist folgende:

| | | |
|---|---|---|
| Butter . . . . | 3,288 | 12,524 pCt. |
| Milchzucker . . | 5,129 | |
| Caseïn . . . . | 4,107 | |
| Wasser . . . . | 87,476 | |
| | 100,000. | |

Die Milch ist ein Gemenge ausserordentlich fein zertheilter, in Wasser unlöslicher Substanzen mit einer wässerigen Flüssigkeit; das spec. Gewicht der Milch schwankt zwischen 1,018 und 1,045. Unter dem Mikroskope nimmt man wahr, dass die weisse Farbe von kleinen Kügelchen — den Milchkügelchen — herrührt. Diese Kügelchen sind meist kugelrund, gelblich mit dunklem Rande bei durchfallendem, perlenartig glänzend bei auffallendem Lichte, und bestehen aus einer Hülle, in welcher sich Butter befindet. In der Ruhe sammeln sich diese Kügelchen auf der Oberfläche und bilden den Rahm, unter welchem sich eine bläuliche durchscheinende Flüssigkeit befindet, welche den Milchzucker, die Salze und das Caseïn als Caseïn-Natron gelöst enthält. Lässt man die Milch längere Zeit stehen, so wird ein Theil des Milchzuckers unter Mitwirkung des Caseïns als Fermentes in Milchsäure*) umgewandelt, welche letztere das Caseïn-Natron zersetzt und das Caseïn frei macht, das sich als eine im Wasser unlösliche Substanz ausscheidet. Man sagt dann, die Milch gerinnt. Durch längeres Stehenlassen wird aller Milchzucker in Milchsäure umgewandelt. Eine ähnliche Coagulation der Milch wird bewirkt, wenn man frische Milch mit Laab zusammenbringt. Zur Darstellung des Laabs wird der frische Kälbermagen ausgewaschen, in einem Rahmen ausgespannt an der Luft oder im Feuer getrocknet. Früher machte man ihn mit Essig ein, die Erfahrung lehrte aber, dass dies unnütz sei. Beim Gebrauche wird ein Streifen abgeschnitten, in einer kleinen Quantität warmen Wassers eingeweicht und der Milch bei 30—35° zugemischt. Nach 2 Stunden ist diese geronnen. 1 Th. Laab ist hinreichend, um 1800 Th. Milch zum Coaguliren zu bringen. Die Wirkung des Laabs ist nicht bekannt, sie besteht nicht, wie man früher annahm, darin, dass ein Theil Milchzucker sogleich in Michsäure verwandelt wird, da, wie die Erfahrung gelehrt hat, auch alkalisch reagirende Milch durch Laab zum

---

*) Die Milchsäure ($C_6\ H_5\ O_5$, HO) bildet sich ausser aus dem Milchzucker auch bei der Gährung von Stärke, Rohr- und Krümelzucker unter Mitwirkung von Caseïn und Ferment. Sie findet sich im Sauerkraut, in den sauren Gurken, und ist wohl ein nie fehlender Bestandtheil aller thierischer Flüssigkeiten. Ausser der Milchsäure als Nahrungsmittel wird die Milchsäure in der Gerberei, Färberei und Stärkefabrikation benutzt. In der Gerberei ist sie jedenfalls als Bestandtheil der Lohenbrühe nicht unwirksam, bei der Färberei ist sie in dem Kleienbad enthalten, und bei der Fabrikation der Stärke nach der älteren Methode dient sie als saures Stärkewasser, um die Stärke von den Proteinsubstanzen zu befreien. Die Milchsäure scheint ferner bei der geistigen Gährung eine Rolle zu spielen; sie ist stets in der gährenden Flüssigkeit enthalten und findet sich als nicht flüchtige Säure neben Bernsteinsäure in dem Destillationsrückstande, dem Spühlicht, der seiner sauren Eigenschaften wegen zum Reinigen von Metallen benutzt wird. Der Uebergang des Milchzuckers in Milchsäure findet ohne Zutritt oder Austritt irgend eines Bestandtheiles statt:

$$\underbrace{C_{12}\ H_{12}\ O_{12}}_{\text{Milchzucker.}} = \underbrace{2\ C_6\ H_5\ O_5,\ HO}_{\text{Milchsäurehydrat.}}$$

Gerinnen gebracht werden kann. Die von dem ausgeschiedenen Caseïn abfiltrirte Flüssigkeit führt den Namen Molken. Bei sauer gewordener

Molken.

Milch enthalten die Molken wenig Milchzucker, aber viel Milchsäure (saure Molken); bei durch Laab coagulirter Milch ist hingegen aller Milchzucker und keine Milchsäure in den Molken enthalten (süsse Molken). Die letztere Flüssigkeit wird in der Schweiz bis zu einem ge-

Milchzucker.

wissen Grade abgedampft, um daraus den Milchzucker krystallisirt zu erhalten. Die in harten, halbdurchsichtigen Krystallkrusten anschiessende Substanz wird durch Umkrystallisiren gereinigt. Der Milchzucker $C_{12} H_{10} O_{10}$ schmeckt nur wenig süss, knirscht zwischen den Zähnen, löst sich in 6 Th. kaltem Wasser und kann nicht in die geistige, wohl aber in die Milchsäuregährung übergehen. Durch die Einwirkung verdünnter Säuren geht aber der Milchzucker in Krümelzucker über und ist deshalb indirect gährungsfähig.

Sauerwerden der Milch zu verhüten.

Das Sauerwerden der Milch kann man dadurch längere Zeit verhüten, dass man dieselbe wiederholt abkocht, wodurch die aufgenommene Luft ausgetrieben wird, die ausserdem einen Theil des Caseïns in Milchsäureferment umgewandelt haben würde. In gewissem Sinne wirkt auch die während des Kochens auf der Milch sich bildende Haut conservirend, indem sie den Zutritt der Luft beschränkt. Ausserdem lässt sich das Sauerwerden der Milch verhindern oder aufhalten durch Zusatz kleiner Mengen kohlensaurer Alkalien. Das Coaguliren der Milch, nicht aber das Sauerwerden, kann durch Zusatz von Salpeter, Kochsalz und überhaupt durch Salze mit alkalischer Base aufgehalten werden.

Prüfung der Milch.

In Gegenden, in denen Milch in verhältnissmässig grosser Quantität consumirt wird, wie in grossen Städten, wird die Milch mit Reis-, Kleien- und Gummiwasser oder einem Gemenge von Wasser mit Hammelgehirn verfälscht. Eine sehr häufig vorkommende Verfälschung besteht darin, dass man die Milch mit Wasser verdünnt. Es sind verschiedene Methoden und Instrumente in Anwendung gebracht worden, um die Milch auf ihren Gehalt an Butter und Caseïn zu prüfen. Nach Jones bringt man die Milch in eine verticale, graduirte Glasröhre und vergleicht die Höhe des nach einiger Zeit sich abscheidenden Rahmes. Je mehr Raumtheile derselbe einnimmt, desto besser ist die Milch. Natürlicherweise erfährt man nach dieser Methode nur den Rahmgehalt der Milch, und zwar sehr annähernd, da z. B. Verdünnung der Milch auf die Schnelligkeit der Abscheidung von Einfluss ist. Chevallier und Henry wenden zur Bestimmung der Güte der Milch ein Aräometer an, an dessen Graduirung die Striche, bis zu welchen dasselbe in reine Milch einsinkt, durch rothe Grade angegeben sind. Andere Methoden gründen sich darauf, das Caseïn und die Butter durch Galläpfeltinctur oder durch Zinkvitriollösung niederzuschlagen, dann zu bestimmen, wie viel dem Volumen nach von einer Lösung von bekannter Stärke zur Fällung einer normalen Milch nöthig war und darauf mit andern Milchsorten zu vergleichen. Für den

polizeilichen Gebrauch ist das Galaktoskop von Donné anzuempfehlen, das auf der Annahme beruht, dass allein die Milchkügelchen den wahren Werth der Milch repräsentiren, und die Milch undurchsichtig machen. Es ist ein Instrument, welches gestattet, durch eine Milchschicht hindurchzusehen, deren Länge mittelst einer Mikrometerschraube vergrössert, verringert und gemessen werden kann. Durch die Milchschicht beobachtet man ein Kerzenlicht, bis dessen Spitze unsichtbar zu werden beginnt. Je durchsichtiger eine Milch ist, desto weniger Milchkügelchen und desto mehr Wasser enthält sie. Brunner bestimmt den Buttergehalt, um den Werth der Milch zu ermitteln. Er misst 20 Grm. der zu prüfenden Milch mit 10 Grm. Holzkohlenpulver, trocknet das Gewicht bei 70—80° vollständig ein, zieht die Butter daraus mit Aether aus und verdampft die ätherische Lösung. Die zurückbleibende Butter wird gewogen. Unvermischte Milch giebt 3,1—3,56 pCt. Butter, Rahm giebt 10,6—11,02 pCt.

Anwendung der Milch.

Die Milch dient theils für sich als Nahrungsmittel, theils zur Fabrikation von Butter und Käse. Man benutzt sie ferner zum Anstreichen der Wände und zum Entfärben und Klären einiger Flüssigkeiten. Eine in Frankreich häufig vorkommende Steuerdefraudation besteht darin, dass man unter dem Namen Portwein, Xeres declarirt, der mit Alkannawurzel gefäıbt ist, und der später durch Milch wieder entfärbt wird.

Butter.

Die Butter wird aus der Milch auf folgende Weise dargestellt: Man lässt an kühlen Orten den Rahm (die Sahne) aus der Milch sich ausscheiden, schöpft denselben mittelst eines Löffels ab und bringt ihn in die Rahmtöpfe, in welchen er so lange stehen bleibt, bis er unter wiederholtem Umrühren dick und säuerlich geworden ist. Darauf bringt man den Rahm in die Butterfässer, in welchen durch anhaltendes Schlagen, durch das Buttern, die Fettkügelchen zu Klumpen sich vereinigen, während das Caseïn mit einer kleinen Menge Butter gebunden in der Flüssigkeit suspendirt bleibt.

Die Butter hat die für die Verarbeitung der Milch wichtige Eigenschaft, dass sie leichter ist als Wasser; sie müsste sich demnach aus einer Auflösung von verschiedenen Stoffen, welche das Wasser schwerer machen (Milchzucker, Caseïn, Salze), um so schneller an der Oberfläche ausscheiden, wenn die Flüssigkeit nicht durch den Caseïngehalt eine grosse Klebrigkeit besässe, wodurch das Aufsteigen der Buttertröpfchen verlangsamt wird. In dem Maasse nun, als durch fortschreitende Säuerung der Milch durch Caseïnabscheidung auch deren Consistenz sich vermehrt, wird auch die Abscheidung der Butter erschwert. Ist die Abscheidung des Butterfettes (des Rahms) noch nicht vollendet, wenn die Milch zum Gerinnen gekommen ist, so ist das in der sauren Milch noch befindliche Fett für die Butterbereitung verloren. Darauf gründen sich nun zwei verschiedene

Methoden, wodurch die vollständigste Gewinnung der Butter ermöglicht werden soll.

Nach der einen Methode, von dem Schweden Gussander vorgeschlagen, soll das Aufsteigen der Butterkügelchen beschleunigt werden, so dass die Ausscheidung des Rahmes in kürzester Zeit und jedenfalls vor beginnender Säuerung der Milch beendigt ist. Nach der anderen Methode wird durch Zusatz von etwas Soda die entstehende Milchsäure sofort neutralisirt, so dass der Ausscheidung von Caseïn vorgebeugt wird und die Buttertropfen ungehindert emporsteigen können. Dies ist das Verfahren von Trommer in Eldena.

Die Butterfässer sind von verschiedener Construction. Das gewöhnlichste Butterfass ist ein aufrecht stehendes Fass mit einer durchlöcherten und an einem Stiele befestigten Scheibe; ausserdem hat man liegende Fässer, in denen sich an einer Welle befestigte Flügel hin und her bewegen, Kästen auf Walzen nach Art der Kinderwiegen u. s. w., in denen das Buttern in längerer oder kürzerer Zeit vor sich geht. Wenn sich alle Butterklumpen zu einer Masse vereinigt haben, so ist die Operation des Butterns beendigt. Die Butter wird mit frischem, erneuertem Wasser geknetet, bis dieses hell abläuft. Die von der Butter abgeschiedene Flüssigkeit ist die Buttermilch, die aus 0,24 pCt. Butter, 3,82 pCt. Caseïn, 90,80 Th. Wasser und 5,14 Th. Milchzucker und Salzen besteht; ein grosser Theil des Milchzuckers darin ist schon in Milchsäure übergegangen. 18 Gewichtstheile Milch geben durchschnittlich 1 Gewichtstheil Butter. Die Butter selbst besteht im frischen Zustande aus 77,5 pCt. eigentlicher Butter, 1,6 Th. Caseïn, 20,9 Th. Wasser, Milchzucker, löslichen Salzen u. s. w. Der Gehalt an Caseïn und Wasser bewirkt, dass die Butter leicht verdirbt und ranzig wird. Um diesem Uebelstande zu begegnen, pflegt man in den meisten Ländern die Butter zu salzen (in Süd- und Westdeutschland wird die Butter ungesalzen consumirt), indem man dieselbe im völlig ausgewaschenen Zustande mit Salz zusammenknetet. Man rechnet auf 1 Kilogramm Butter 30—40 Gr. Kochsalz. In England benutzt man anstatt des Kochsalzes ein Gemenge von 4 Th. Kochsalz, 1 Th. Salpeter und 1 Th. Zucker. Ein anderes Mittel, dem Verderben der Butter vorzubeugen, ist das Auslassen derselben, d. i. ein Schmelzen, bis die anfänglich trübe Flüssigkeit vollkommen klar geworden ist, wodurch Wasser und Caseïn, also die Bedingungen zur Verderbniss entfernt werden. Das Färben der Butter anbelangend, das gewöhnlich im Winter geschieht, zu welcher Zeit die Butter eine weisse Farbe hat, so geschieht dies durch Orlean, durch Curcuma, oder durch den Saft der Möhren oder Ringelblume.

Chemische Natur der Butter. Die Butter besteht aus einigen nicht flüchtigen und einigen flüchtigen Fettsäuren, gebunden an Glycerin (vergl. Seite 122). Die nicht flüchtigen Säuren sind: die Magarinsäure ($C_{34}$ $H_{34}$ $O_4$) und die

Butterölsäure ($C_{34}$ $H_{30}$ $O_4$), die flüchtigen die Buttersäure*) ($C_8$ $H_8$ $O_4$), die Capronsäure ($C_{12}$ $H_{12}$ $O_4$), die Caprylsäure ($C_{16}$ $H_{16}$ $O_4$) und die Caprinsäure ($C_{20}$ $H_{20}$ $O_4$). Letztere vier Säuren bilden mit dem Glycerin das Butterfett oder Butyrin und sind die Ursache des eigenthümlichen Geruches der Butter. Einigen Chemikern zufolge sind indess diese Säuren in der Butter nicht fertig gebildet enthalten, wohl aber die Aldehyde derselben, so z. B. das Aldehyd der Buttersäure ($C_8$ $H_8$ $O_2$) u. s. w. Nach dieser Ansicht bilden sich alle die genannten Säuren erst bei der Verseifung der Butter oder bei dem Ranzigwerden derselben. Da das Ranzigwerden der Butter nur bei Zutritt der Luft eintritt, so ist die Ansicht, dass das Aldehyd $C_8$ $H_8$ $O_2$ durch Aufnahme von Sauerstoff in Buttersäure $C_8$ $H_8$ $O_4$ übergehe, gewiss keine falsche.

Käse. Der Käse wird aus dem Caseïn dargestellt. Entweder benutzt man abgerahmte Milch oder man wendet die Milch mit dem Rahm an. Im ersteren Falle erhält man mageren Käse, der nur aus Caseïn mit sehr wenig Butter besteht, im zweiten Falle fetten Käse (Schweizer, holländischen, englischen Käse). Wenn bei der Darstellung der fetten Käse noch Rahm hinzugesetzt wird, so erhält man Rahmkäse. Den mageren Käse stellt man in Deutschland dar, indem man die saure Milch, von welcher der Rahm behufs der Butterfabrikation abgeschieden worden ist, auf ein Tuch bringt und abpresst. Die Molken laufen ab, während die Käsematte (Quark, Schmierkäse, weisser Käse) als Brei zurückbleibt, die, mit Salz und in einigen Gegenden auch mit Kümmel gemengt, mit der Hand in die gebräuchlichen runden Formen (Handkäse) gebracht wird, welche darauf der Luft ausgesetzt werden. Zur Bereitung des fetten Käses wendet man gewöhnlich süsse Milch an, die durch Laab bei einer Temperatur von 30—40$^0$ zum Gerinnen gebracht wird. Nachdem die Milch durch die Abscheidung des Caseïns in eine gallertartige Masse verwandelt ist, zerschneidet man die Masse mit einem hölzernen Messer und presst den Käse. Durch dieses Verfahren, das mehrmals wiederholt wird, werden die Molken ziemlich vollständig entfernt. Sobald der Käse anfängt fest zu werden, wird er mit Kochsalz zusammengeknetet und dann in die bestimmte Form gepresst. Der geformte Käse wird einige Zeit lang in erwärmte Molken getaucht, bis er eine Rinde erhält, und nach dem Abtrocknen von Neuem gepresst. Sodann wird der Käse mit Kochsalz eingerieben, zum Trocknen auf ein Brettergestell gelegt, und unter sorgfältiger Behandlung, die je nach der Art der Käse eine verschiedene ist, seiner Reife zugeführt. Die blasige Beschaffenheit einer Käsesorte (wie des Schweizerkäses) rührt davon her, dass bei seiner Darstellung die Molken nicht vollständig entfernt werden, der in denselben

*) Die Buttersäure entsteht nicht nur bei der Verseifung der Butter, sie findet sich auch im sauren Schweisse, im Magensafte und bildet sich bei der Gährung und Fäulniss des Zuckers, der Stärke, des Fibrin, des Caseïns u. s. w.

enthaltene Milchzucker in Krümelzucker, und letzterer während des Reifens des Käses in Weingeist und Kohlensäure verwandelt wird; die Kohlensäure bewirkt bei ihrem Entweichen die Auflockerung der Käsemasse. Bei dem holländischen Käse, der blasenfrei ist, verhindert der grössere Kochsalzzusatz die Umwandelung des Milchzuckers. Die Qualität der Käse ist ferner von der Temperatur und Beschaffenheit der Räume, in denen die Käse während des Reifens lagern, abhängig. Die Theorie des Käsebildungsprocesses ist noch keineswegs genügend erklärt. Die Veränderung, welche der Käse an der Luft erleidet, lässt sich namentlich an den mageren Käsesorten beobachten. Im frischen Zustande ist der Käse weiss wie Kreide, beim Liegen im feuchten Zustande wird er gelb und durchscheinend (er wird zeitig oder speckig) und nimmt den eigenthümlichen Käsegeruch an. Mit dem Alter verliert der Käse allen Zusammenhang und zerfliesst zu einer schmierigen Masse. Diese Veränderungen beginnen auf der Oberfläche und pflanzen sich vollkommen gleichförmig ins Innere fort. Wenn man einen mageren Käse zerschneidet, so bemerkt man einen gelben speckigen Ring, welcher einen scharf begrenzten weissen Kern umgiebt. Der Ring wird von Tag zu Tag breiter, bis zuletzt die ganze Masse gleichförmig ist und der Kern verschwindet. Das Speckigwerden des Käses rührt her von einer Ammoniak- oder von einer Säureentwickelung, beide machen den weissen Käse durchscheinend. Die stinkenden Käsesorten sind ammoniakalisch, die geruchlosen reagiren meist sauer. Chemisch gesprochen ist speckig magerer Käse eine Verbindung von Caseïn mit Ammoniak oder Ammoniakbasen (z. B. Amylamin); gewisse trockne Käsesorten (wie der sogenannte Kräuterkäse) sind Gemenge von trocknem Caseïn mit gewürzhaften Kräutern (Meliloten u. s. w.), flüchtigen Fettsäuren (Valeriansäure, Caprinsäure, Capronsäure u. s. w.) und einigen indifferenten Stoffen (Leucin etc.). — Frisch geronnener Käsestoff (Quark) wird, mit Kalk gemengt, zu Kitt und als Beiz- und Verdickungsmittel in der Kattundruckerei angewendet*).

*) Mit dem Caseïn der Milch stimmt in seinen Eigenschaften ein Pflanzenbestandtheil überein, der sich in den Samenlappen der Leguminosen, namentlich der Erbsen, Linsen und Bohnen findet, sich in Wasser löst und aus der Lösung durch schwache Säuren abgeschieden werden kann. Die Substanz ist Pflanzencaseïn genannt worden. Nach Itier's Berichte (Liebig's chem. Briefe, 1851, 2. Abdruck p. 451) stellen die Chinesen aus Erbsen einen wirklichen Käse dar, indem Erbsen zu einem Brei gekocht werden. Das Durchgeseihete wird mit Gypswasser zum Gerinnen gebracht und das Geronnene wie der aus Milch durch Laab gefällte Käse behandelt. Die Masse nimmt nach und nach den Geruch und den Geschmack des animalischen Käses an.

## Das Fleisch.

Fleisch. Das, was man im gewöhnlichen Leben mit dem Namen „Fleisch“ bezeichnet, ist die Muskelsubstanz der Schlachtthiere, umgeben mit mehr oder weniger Fett, und enthaltend Knochen, so dass das käufliche Fleisch in 100 Theilen im Mittel zusammengesetzt ist aus:

| | |
|---|---|
| Muskelsubstanz . . | 16 |
| Fett und Zellgeweben | 3 |
| Knochen . . . . | 10 |
| Wasser . . . . | 71 |
| | 100. |

Die Muskelsubstanz selbst ist ein Complex von verschiedenartigen Geweben und Flüssigkeiten, deren Basis die thierische Faser oder das Fibrin ist. Diese Substanz ist mit einer grossen Anzahl von Nerven, Blutgefässen, Fett, serösen Häuten u. s. w. durchwebt. Die Färbung des Fleisches ist nur Folge der darin enthaltenen Blutgefässe. Die Fleischsubstanz selbst ist farblos. Die Bestandtheile des Fleisches variiren nach den verschiedenen Thieren, dem Alter und der Nahrung derselben. Berzelius fand das Ochsenfleisch zusammengesetzt aus:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . . . . . | 77,17 |
| Muskelfaser, Gefässen, Nerven . . | 17,70 |
| Eiweiss und Globulin . . . . . | 2,20 |
| Alkoholextract mit Salzen . . . . | 1,80 |
| Wasserextract mit Salzen . . . . | 1,05 |
| Eiweisshaltigem phosphorsauren Kalk | 0,08 |
| | 100,00. |

Es ist beachtenswerth, dass die Menge des Gehaltes an Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in dem getrockneten Fleische und dem getrockneten Blute übereinstimmen. Böckmann und Playfair fanden im Blut und Fleische des Ochsen:

| | Blut: | Fleisch: |
|---|---|---|
| Kohlenstoff . . . | 51,95 | 51,89 |
| Wasserstoff . . . | 7,16 | 7,59 |
| Stickstoff . . . . | 17,17 | 17,16 |
| Sauerstoff . . . . | 19,30 | 19,13 |
| Asche . . . . . . | 4,92 | 4,23 |
| | 100,00. | 100,00. |

so dass das Fleisch in gewisser Beziehung als ein consolidirtes Blut betrachtet werden kann. Stölzel fand bei der Analyse der Asche von Ochsenblut und von Ochsenfleisch:

| | Blut: | Fleisch: |
|---|---|---|
| Kohlensäure . . . | 1,99 | 8,02 |
| Kieselerde . . . | 2,81 | 2,07 |
| Schwefelsäure . . | 5,16 | 3,37 |
| Phosphorsäure . . | 5,66 | 34,36 |
| Eisenoxyd . . . | 10,58 | 0,98 |
| Kalk . . . . . . | 1,56 | 1,73 |
| Magnesia . . . . . | 1,02 | 3,31 |
| Chlornatrium . . . | 51,19 | — |
| Chlorkalium . . . | — | 10,22 |
| Natron . . . . . | 12,41 | — |
| Kali . . . . . . | 7,62 | 35,94 |
| | 100,00. | 100,00. |

Fleischflüssigkeit. Die Muskelsubstanz ist mit einer eiweissreichen sauer reagirenden Flüssigkeit, der Fleischflüssigkeit, getränkt, deren saure Reaction von der Gegenwart freier Milchsäure und einer eigenthümlichen Säure, der Inosinsäure, herrührt. Ausserdem finden sich darin drei krystallinische organische Stoffe, der Inosit, das Kreatin, das Kreatinin*), von welchen der letztere eine organische Base ist, extractive Substanzen und organische Bestandtheile. Von letzteren sind 81 pCt. in Wasser löslich, der unlösliche Rückstand besteht aus 5,77 phosphorsaurem Kalk und 13,23 Talkerde.

Zubereitung des Fleisches. Die civilisirten Völker pflegen das Fleisch seltener roh, als vielmehr zubereitet zu geniessen. Die Zubereitung geschieht entweder durch Kochen oder durch Braten. Aus dem, was im Vorstehenden über die Zusammensetzung des Fleisches gesagt worden ist, geht hervor, dass das Fleisch durch das Kochen wesentlich in seiner Zusammensetzung verändert wird, indem je nach der Dauer des Kochens und der Quantität des angewendeten Wassers die löslichen Bestandtheile von den unlöslichen getrennt werden. Für die Nahrungsfähigkeit des Fleisches aber versteht es sich von selbst, dass es in demselben Maasse, als es durch die Behandlung von seinen Bestandtheilen verliert, untauglich wird, das Fleisch des lebenden Körpers zu ersetzen. Das beste Verfahren, Fleisch zu kochen und Fleischbrühe zu bereiten, ist nach v. Liebig folgendes: Man bringt das zum Kochen bestimmte Fleisch erst dann in den Topf, wenn das darin befindliche Wasser in vollständigem Sieden begriffen ist, unterhält das Sieden einige Minuten lang und schüttet dann so viel kaltes Wasser hinzu, dass die Temperatur bis auf 70 — 74°

*) Der Inosit ($C_{12}H_{12}O_{12} + 4 HO$) ist der von Scherer im Fleische entdeckte Muskelzucker; das Kreatin ($C_8H_9N_3O_4$) kommt ausser in der Fleischflüssigkeit auch im Harn vor; es krystallisirt in kleinen Würfeln, die bitter schmecken, und wird durch die Einwirkung von starken Säuren in der Siedehitze in eine Base, in das Kreatinin ($C_8H_7N_3O_2$) umgewandelt.

erniedrigt wird. Wird das Wasser einige Stunden bei dieser Temperatur erhalten, so hat man alle Bedingungen vereinigt, um dem Fleische die zum Genusse geeignete Beschaffenheit zu geben. Indem nämlich nach diesem Verfahren das Eiweiss coagulirt wird, bildet sich auf der Oberfläche des Fleisches eine Hülle, welche das Eindringen des Wassers ins Innere verhindert und die löslichen Theile einschliesst. Die von diesem Fleische abgegossene Brühe wird demnach weniger der löslichen Bestandtheile enthalten. Um aber eine kräftige Fleischbrühe darzustellen, mischt man fein gehacktes mageres Fleisch mit kaltem Wasser, erhitzt es langsam bis zum Sieden und presst es nach minutenlangem Aufwallen aus. Nach dem Durchseihen braucht sie nur gewürzt und mit gebranntem Zucker oder Caramel etwas gefärbt zu werden. Das Färben ist eine kaum erlässliche Concession, die man dem gewohnten Vorurtheile machen muss. Die zurückbleibenden Fleischstücke sind gänzlich geschmacklos und zur Ernährung untauglich. Die Fleischbrühe enthält alle löslichen Stoffe der Fleischsubstanz: Kreatin, Kreatinin, Inosit, extractive Substanzen, inosin- und milchsaure Salze, Chlorkalium und phosphorsaure Erden. Wegen der freien Milch- und Inosinsäure reagirt sie stets sauer. Dass die Haupteigenschaft der Fleischbrühe von der darin aufgelösten Leimsubstanz abhängig sei, wie man lange angenommen hat, ist durchaus ungegründet, da der durch Kochen gebildete Leim nur einen sehr untergeordneten Bestandtheil darstellt. Die Untauglichkeit der Knochenbouillontafeln als Nahrungsmittel ist bereits Seite 520 erwähnt worden. Bei längerem Kochen und siedendem Abdampfen nimmt die Fleischbrühe eine dunklere Farbe und einen feinen Bratengeschmack an. Dampft man sie im Wasserbade ab, so erhält man eine dunkelbraune weiche Masse, von welcher 1 Loth hinreicht, um 1 Pfund Wasser, den man etwas Kochsalz susetzt, in eine wohlschmeckende und starke Fleischbrühe zu verwandeln. Aus 32 Pfund knochen- und fettfreiem Ochsenfleische erhält man 1 Pfund dieses Extractes*). Beim Braten des Fleisches wendet man kein Wasser, sondern Fett an, mit welchem man das Fleisch in einer Pfanne erwärmt, oder man setzt dasselbe direct, wie es in England geschieht, auf einen Spiess gesteckt, dem Feuer aus. Der Gewichtsverlust der verschiedenen Fleischsorten beim Braten und Kochen des Fleisches ist folgender: Beim Kochen verliert Rindfleisch 15, Hammelfleisch 16, wälscher Hahn

*) Liebig sagt bezüglich dieses Fleischextractes in seiner Schrift: „Ueber das Fleisch und seine Zubereitung zum Nahrungsmittel, Seite 105“: „Dieses Fleischextract dürfte seines hohen Preises wegen kaum einen Gegenstaud des Handels abgeben; wenn aber die Erfahrungen der Militärärzte mit denen von Parmentier übereinstimmen, wonach dieses Extract im Gefolge eines Truppencorps den schwer verwundeten Soldaten ein Stärkungsmittel darbietet, welches mit etwas Wein seine durch einen grossen Blutverlust erschöpften Kräfte augenblicklich hebt und ihn in den Stand setzt, den Transport in das Hospital zu ertragen, so scheint es mir eine wahre Gewissenssache zu sein, den Vorschlag Parmentier's der Aufmerksamkeit der Regierungen zu empfehlen.“

16, Huhn 13,5, Schinken 6 pCt., oder im Durchschnitt Fleisch 12, Geflügel 14 pCt. Beim Braten verliert Rindfleisch 19,5, Hammelfleisch 24,5, Gans 16,5, wälscher Hahn 20,5, Lammfleisch 22,5, Ente 27,5, Huhn 14 pCt., demnach das Fleisch grösserer Thiere 22, das der Geflügel 20,5 pCt.

Was das gebräuchliche Einsalzen des Fleisches anbelangt, so geht aus den Untersuchungen Liebig's hervor, dass die sogenannte Salzlake, welche beim Zusammenbringen von Fleisch und trocknem Salze entsteht, $^1/_3$—$^1/_2$ vom Fleischsafte beträgt und die Hauptbestandtheile einer concentrirten Fleischbrühe enthält. Es geht daraus hervor, dass gesalzenes Fleisch um die in die Lake übergegangenen Bestandtheile an Nahrungswerth verliert, und die Erscheinung, dass, wenn gesalzenes Fleisch längere Zeit die Hauptnahrung ausmacht, die Gesundheit auf die Dauer Störung erleidet, ist dadurch erklärlich.

Fleischzwieback. Der Fleischzwieback ist ein von Gail Borden in Tejas ersonnenes Nahrungsmittel, zu dessen Bereitung dem Rindfleisch sogleich nach dem Schlachten durch Sieden mit Wasser alle nährenden Bestandtheile entzogen werden. Die Lösung dieser Bestandtheile wird bis zur Extractsconsistenz abgedampft und der Rest mit Weizenmehl zu einem Teig angerührt, der in Form von Zwieback gebracht und sodann im Ofen bei mässiger Wärme gebacken wird. Die Zwiebäcke sind vollkommen trocken und ungefähr von dem Aussehn der braunen Lebkuchen, nur etwas heller von Farbe. Der Erfinder hat eine Fabrik solcher Fleischzwiebäcke in Galveston angelegt, wo die unübersehbaren Prairien das nöthige Rindfleisch im Ueberfluss darbieten, und behauptet, dass 1 Pfund Fleischzwieback eben so viel nährende Substanz enthalte, als 5 Pfd. frisches Fleisch. Der Fleischzwieback hat bereits grosse Verbreitung gefunden und erscheint als geeignetes Mittel zu längerer Aufbewahrung und leichten Transport eines kräftigen Nahrungsmittels; insofern derselbe eine grosse Menge Nährstoff in einem sehr kleinen Raume und auf ein kleines Gewicht reducirt, enthält.

# V. Die Färberei und Druckerei.

## Die Färberei und Druckerei im Allgemeinen.

Färberei und Druckerei im Allgemeinen.

Die Färberei hat zum Zweck, die Gewebe chemisch mit den Farbstoffen zu verbinden und erstere dadurch in gefärbte Zeuge umzuwandeln. Sie unterscheidet sich von dem Malen und Anstreichen dadurch, dass die Farbstoffe nach chemischen Grundsätzen auf die thierische und vegetabilische Faser befestigt werden, und nicht nur auf der Oberfläche durch Adhäsion haften, obgleich bei dem Malen und Anstreichen oft dieselben Substanzen wie beim Färben Anwendung finden. Das Bedrucken der Zeuge mit Farbstoffen, die Zeugdruckerei, ist eine örtliche Färberei und ein wichtiger Theil der Färberei im Allgemeinen.

Farbstoffe.

Die zur Färberei angewendeten Substanzen, die Farbstoffe (Pigmente) sind theils mineralischen, theils animalischen und vegetabilischen Ursprungs. Unter den zahlreichen mineralischen Farbstoffen sind nur wenige, die vermöge ihrer Eigenschaften in der Färberei Anwendung finden können, und es ist für sie eigenthümlich, dass sie erst auf der zu färbenden Pflanzen- oder Thierfaser hervorgebracht werden. Ein sehr gebräuchlicher mineralischer Farbstoff ist z. B. das chromsaure Bleioxyd. Nicht aber lässt sich diese Substanz als solche direct in der Färberei anwenden, sondern man bildet sie erst aus ihren Bestandtheilen auf der Faser selbst, indem man dieselbe zuerst mit einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd tränkt, und die so vorbereitete Faser sodann durch eine Lösung von chromsaurem Kali zieht. Es bildet sich chromsaures Bleioxyd, das in den innern Theilen der Faser niedergeschlagen, fest an derselben haftet. Von den animalischen Farbstoffen wendete man früher den Saft der Purpurschnecke und den Kermes (*Coccus ilicis*) an, jetzt aber benutzt man von denselben nur noch die Cochenille (*Coccus cacti*) und eine Secretion der Gummi-

schildlaus (*Coccus laccae*). Der bei weitem grösste Theil der Farbstoffe stammt aus dem Pflanzenreiche, und man versteht unter vegetabilischen Pigmenten diejenigen Körper, denen gewisse Pflanzen oder einzelne Theile derselben ihre eigenthümliche Färbung verdanken. Es scheint aus neueren Untersuchungen hervorzugehen, dass ein grosser Theil der sogenannten Farbstoffe in der Pflanze im farblosen Zustande enthalten ist, und sich erst unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft färbt. Allgemeine Eigenschaften der vegetabilischen Farbstoffe lassen sich nicht angeben, da sie, ausser dem Gefärbtsein, einen gemeinsamen Character nicht besitzen. Fast sämmtlich werden die Farbstoffe an feuchter Luft unter dem Einflusse des Sonnenlichts zersetzt (sie verschiessen). Chlor bleicht die Pigmente und zerstört ihre Farbe, schweflige Säure bringt sie zum Verschwinden, zerstört sie aber nicht. Die Lacke oder Lackfarben sind chemische Verbindungen Thonerde, Zinnoxyd oder Bleioxyd (zuweilen auch Baryt und Antimonoxyd) mit dem Farbstoffe, z. B. des Krapps, der Cochenille, Wau, Rothholzes u. s. w., obgleich bestimmte Verhältnisse bis jetzt noch nicht ermittelt worden sind. Anstrichfarben heissen in Wasser unlösliche Verbindungen, welche mit Leimwasser (als Leim- oder Wasserfarben) oder Oelfirniss (als Oelfarben) aufgetragen werden, z. B. Bleiweiss, Berlinerblau, Ultramarin, Chromgelb, Zinnober u. s. w. Tuschfarben sind erdige und deckende Farben, welche den Farbstoff in der Flüssigkeit, die man zum Malen anwendet, nicht aufgelöst, sondern nur suspendirt enthalten. Pastellfarben sind endlich Lack- und Metallfarben, mit Thon (Porzellanerde) und etwas Tragantschleim und häufig Seife oder Fettsubstanz gemengt und in Form von Stiften gebracht; sie werden trocken angewendet.

Farben. Die in der Färberei angewendeten Farben, welche den zu färbenden Gegenstand in seiner ganzen Masse färben, heissen allgemein Zeugfarben. Farben, die dagegen nur auf der Oberfläche färben, nennt man Malerfarben. Letztere werden unterschieden als Saftfarben, Lackfarben und Anstrichfarben. Die Saftfarben sind in Wasser oder Firniss mehr oder weniger lösliche Farben, welche nicht decken, sondern durchscheinend (lasirend, daher Lasurfarben) sind. Hierher gehören Saftgrün, Gummigutt, Carminlösung und lösliches Berlinerblau.

## Rothe Farbstoffe.

Rothe Farbstoffe. Krapp. Der Krapp ist die Wurzel der Färberröthe (*Rubia tinctorum* und *Rubia peregrina*), einer im südlichen Europa und in Asien wachsenden Pflanze. Die Wurzel ist mehrere Zoll lang, wenig ästig und etwas stärker als ein Federkiel. Sie ist mit einer braunen Decke überzogen, innerlich aber von gelbrother Farbe. Sie kommt theils von der Rinde und den Wurzelfasern befreit, theils gemahlen in den Handel. Im gemahlenen Zustande erscheint sie als ein grobes, rothgelbes, stark und

eigenthümlich riechendes Pulver, das sorgfältig gegen Luft- und Lichteinwirkung geschützt, aufbewahrt werden muss. Die beste Sorte des Krapps ist die aus der Levante (Smyrna, Cypern), die unter dem Namen Lizari oder Alizari ungemahlen in den Handel kommt. Die holländische Krapp ist geschält oder beraubt, wenn man mittelst der Mühlbeutel die Schale der Rinde und zuweilen selbst den inneren Theil entfernt hat. Ungeschält und unberaubt wird er genannt, wenn er gemahlen worden ist, ohne die Schale der Rinde zu entfernen. Am häufigsten findet sich Krapp aus dem Elsass (Strasburg, Hagenau, Geisselbrunn). Unter dem Mullkrapp versteht man die schlechteste Sorte Krapp aus Staub und Abfall bestehend. Während man ehedem in dem Krapp nicht weniger als fünf Farbstoffe annahm, ist aus neueren Untersuchungen hervorgegangen, dass diese Wurzel im frischen Zustande nur einen Farbstoff, die Ruberythrinsäure (früher Xanthin genannt) = $C_{72} H_{40} O_{40}$ enthält. Diese Säure zerfällt unter dem Einflusse einer eigenthümlichen, in dem Krapp enthaltenen stickstoffhaltigen Substanz in den eigentlichen Farbstoff des Krapps, in das Alizarin und in Zucker:

$$\underbrace{C_{72} H_{40} O_{40}}_{\text{Ruberythrinsäure.}} + 2\,HO = \underbrace{C_{60} H_{30} O_{30}}_{\text{Alizarin.}} + \underbrace{C_{12} H_{12} O_{12}}_{\text{Zucker.}}$$

Das Alizarin ist von gelber Farbe, wird aber durch Alkalien und Erden roth gefärbt. Ausserdem findet sich in dem Krapp noch ein rother Körper, das Purpurin oder Rubiacin, das für sich ohne Färbevermögen, aber in Verbindung mit Alizarin den Färbeprocess unterstützt. Der

Krapplack. Krapplack ist eine Verbindung von Alizarin und Purpurin mit basischen Thonerdesalzen; um ihn darzustellen, zieht man ausgewaschenen Krapp mit einer Alaunlösung aus und schlägt die Flüssigkeit durch kohlensaures Natron oder durch Borax nieder, worauf der Niederschlag ausgewaschen und getrocknet wird.

Krappblumen. Die Krappblumen erhält man durch Auswaschen und Auspressen des gemahlenen Krapps; sie werden ebenso wie der Krapp angewendet, vor welchem sie den Vortheil besitzen, dass sie durch Erniedrigung der Temperatur des Färbebades nicht an Färbevermögen einbüssen. Das Waschen des Krapps scheint demnach die Entfernung derjenigen Substanz (einer Pektinsubstanz?) zu bewirken, welche unter den letzteren Umständen unlöslich wird.

Azale. Indem man die Krappblumen mit siedendem Holzgeist extrahirt, den Auszug filtrirt und ihm destillirtes Wasser zusetzt, erhält man einen reichlichen gelben Niederschlag, der mit Wasser ausgewaschen und getrocknet wird. Er führt den Namen Azale (von *azala*, einer arabischen Bezeichnung des Krapps) und ist von Frankreich aus zum Färben vorgeschlagen worden. Wahrscheinlich ist dieser Körper nichts anderes als Alizarin.

Garancine. Die Garancine oder die Krappkohle ist ein Präparat

aus Krapp, welches die bei der Färberei wirkenden Bestandtheile in einer concentrirteren und leichter ausziehbaren Gestalt enthält. Um sie darzustellen, übergiesst man fein gemahlenen, mit Wasser befeuchteten Krapp mit $^1/_2$ Th. concentrirter Schwefelsäure und 1 Th. Wasser, erhitzt das Gemisch ungefähr eine Stunde lang bis auf 100°, befreit darauf die Masse durch Auswaschen von aller Säure, presst und trocknet sie. Durch die Schwefelsäure werden die der Färberei hinderlichen Substanzen des Krapps zerstört und durch das darauf folgende Auswaschen entfernt, während die Farbstoffe mit zum Theil verkohlten organischen Substanzen zurückbleiben. Im Durchschnitt kann man annehmen, dass 3—4 Th. Krapp durch 1 Th. Garancine ersetzt werden können.

Garanceux. Da der Krapp beim Ausfärben seine Farbstoffe nicht vollkommen verliert, so trennt man die Rückstände durch Filtriren von der Flüssigkeit, und behandelt dieselben mit $^1/_3$ ihres Gewichtes englischer Schwefelsäure. Die Masse wird dann ebenso wie die Garancine ausgewaschen und getrocknet. Sie heisst Garanceux und steht selbstverständlich der Garancine an Färbevermögen nach.

Colorin. Die im Handel unter dem Namen Colorin vorkommende Substanz ist das weingeistige und zur Trockne verdunstete Extract der Garancine und besteht wesentlich aus Alizarin, mit Purpurin, Fett und anderen in Weingeist löslichen Bestandtheilen des Krapps verunreinigt.

Rothholz. Mit dem Namen Roth- oder Brasilienholz bezeichnet man mehrere in der Rothfärberei angewendete Hölzer der Gattung *Caesalpinia*. Die beste Sorte ist das Fernambukholz von *Caesalpinia brasiliensis s. crista*, das auswendig gelbbraun, inwendig hellroth, schwer und ziemlich hart ist. Es führt den Namen von der Stadt Fernambuco in Brasilien, in deren Nähe es häufig wächst. Es kommt ganz und gemahlen in den Handel. Eine schlechtere Sorte ist das Sapanholz (*C. Sapan*), welches in Japan wächst; noch weniger Werth hat das Lima- oder Nicaraguaholz oder *Bois de St. Marthe* (*C. echinata*) und das Brasiletholz (*C. vesicaria*). In allen diesen Hölzern findet sich der Farbstoff Brasilin, ein in farblosen, kleinen Nadeln krystallisirender Körper, dessen wässerige Lösung an der Luft, besonders schnell beim Sieden und bei Gegenwart von Alkalien ins Carmoisinrothe übergeht. In der Färberei wird vermittelst des Rothholzes eine schön rothe, aber keineswegs dauerhafte Farbe erzeugt*). Ausserdem gebraucht man es zur Darstellung des Kugellackes.

---

*) Man benutzt das Rothholz zur Fabrikation der rothen Tinte. Man nimmt dazu 16 Loth Rothholz, 2 Loth Alaun, 2 Loth *Cremor tartari* mit 2 Quart Wasser, kocht die Flüssigkeit bis auf ein Quart ein und setzt darauf zu der durchgegossenen Flüssigkeit 2 Loth arabisches Gummi und 2 Loth weissen Candiszucker. Eine noch schönere und haltbarere Tinte erhält man indem man 2 Decigramme (4 Gran) Carmin in 1 Loth Aetzammoniakflüssigkeit löst, und dazu eine Lösung von 1 Gramm (18 Gran) arabischem Gummi in 3 Loth Wasser setzt.

Sandelholz. Das **Sandelholz** (Kaliaturholz) kommt als gelbes und rothes im Handel vor. Das rothe stammt von *Pterocarpus Santalinus*, einem auf Ceylon und in Ostindien wachsenden Baume. Man führt es in gespaltenen Scheiten von gradfaserigem Gefüge und dunkelrother, innen hellerer Farbe ein. Der in dem Sandelholz enthaltene Farbstoff ist harzartiger Natur und führt den Namen **Santalin**. Neuere Untersuchungen zeigten, dass dieser Farbstoff kein farbloser sei, wie früher allgemein angenommen wurde. Man benutzt das Sandelholz zu gefärbten Lacken, zur Meublepolitur, zur Erzeugung von Braun in der Wollenfärberei, zum Rothfärben des Leders, zu Zahnpulver u. s. w. Der gleiche Farbstoff findet sich in dem sogenannten **Barwood-** oder **Camwoodholz**, das von *Baphia nitida*, einem in Afrika wachsenden Baume stammt. Dieses Holz soll 23 pCt. Santalin enthalten, während das Sandelholz nur 16 pCt. enthält.

Safflor. Der **Safflor** besteht aus den getrockneten Blumenblättern der **Safflorpflanze**, Farbendistel (*Carthamus tinctorius*), eines distelartigen Gewächses, das in Ostindien, Aegypten, in den südlichen Ländern Europas, zum Theil auch in Deutschland angebaut wird. Der Safflor enthält einen rothen, in Wasser unlöslichen (Carthamin) und einen gelben, in Wasser löslichen Farbstoff. Je reiner der Safflor von Samen, Spreu u. s. w., je dunkler feuerroth die Farbe, desto besser ist er. Das **Carthamin** oder *Rouge végétale* wird auf folgende Weise dargestellt: Man zieht den Safflor mit einer sehr verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron aus, taucht in die Lösung Streifen von Baumwolle und neutralisirt das Alkali mittelst Essigs oder verdünnter Schwefelsäure. Die roth gefärbten Streifen werden darauf ausgewaschen, mit einer Lösung von kohlensaurem Natron ausgezogen und diese mit einer Säure gefällt. Der so erhaltene Niederschlag wird ausgewaschen und auf Tellern getrocknet (Teller- oder Tassenroth). Das Carthamin erscheint in dünnen Rinden, die im auffallenden Lichte goldgrün, im durchgehenden roth aussehen. Das Carthamin wird mit gepulvertem Talk gemengt, als **rothe Schminke** angewandt. Der Safflor wird in der Seidenfärberei benutzt. Die erzeugte rothe Farbe ist aber sehr vergänglich.

Cochenille. Die **Cochenille** ist ein getrocknetes Insekt von der Grösse und Gestalt einer Wanze, das wir aus Mexico, Peru, Brasilien, Algier und vom Cap der guten Hoffnung erhalten. Es ist eine Art Schildlaus (*Coccus cacti*), die auf mehreren Cacteenarten, namentlich auf dem Cochenille-Cactus (der Nopalpflanze), wie auch auf *Cactus opuntia* vorkommt, theils auch in besonderen Pflanzungen cultivirt wird. Die männlichen Thiere sind geflügelt, die weiblichen ungeflügelt. Nach der Begattung werden die weiblichen Thiere eingesammelt, was im Jahre zweimal geschieht, durch heisse Wasserdämpfe oder durch die Hitze eines Backofens getödtet und getrocknet. Man unterscheidet im Handel zwei Sorten, die **feine Cochenille** oder **Mestica**, die vorzüglich in Mestek,

einer Provinz von Honduras an den cultivirten Nopalpflanzen gesammelt wird, und die Wald- oder wilde Cochenille, die man vom wildwachsenden Cactus sammelt; letztere Sorte ist geringer und findet minder häufige Anwendung. Die Cochenille erscheint in kleinen dunkelbraunrothen, zusammengeschrumpften Körnern, an deren Unterseite der Bau der Thiere noch einigermassen erkannt werden kann. Zuweilen ist sie mit einem weisslichen Staube bedeckt, oft aber ist sie auch glänzend und schwarz. Dieser weisse Ueberzug, welchen man der Cochenille sehr oft durch Talk, Kreide oder Bleiweiss giebt, ist mikroskopischen Untersuchungen zu Folge, das Excrement des Thieres und erscheint unter dem Mikrokospe als weisse, gekrümmte Cylinder, von sehr gleichmässigem Durchmesser. Der Farbstoff der Cochenille ist eine Säure, die Carminsäure, die, nach den gewöhnlichen Methoden dargestellt, den Namen Carmin führt. Man stellt letzteren dar, indem man Cochenille mit siedendem Wasser auszieht, die klar abgegossene Lösung mit Alaun versetzt und stehen lässt. Der sich absetzende Niederschlag wird ausgewaschen und getrocknet. Oder indem man die gepulverte Cochenille mit kohlensaurer Natronlösung auszieht, die Flüssigkeit mit Eiweiss versetzt und sodann durch verdünnte Säuren fällt. Der ausgewaschene Niederschlag wird bei 30° getrocknet. Er bildet eine vorzügliche Sorte Carmin; die schlechteren Sorten, unter die auch der Carminlack und die besseren Kugellacke gehören, bereitet man durch Fällen eines alaunhaltigen Cochenilleauszugs mit kohlensaurem Natron, die um so geringer sind, je mehr sie Thonerde enthalten.

Lac-Dye. Unter Lac-Dye oder Färbelack versteht man einen aus dem Stock- oder Körnerlack gezogenen rothen Farbstoff, mit welchem man fast eben so schön und dauerhaft als mit der Cochenille färben kann. Die in Ostindien vorkommende Lackschildlaus (*Coccus laccae*) sticht in die Zweige gewisser Feigenbäume, die dadurch einen milchigen Saft von sich geben, der die Thiere umgiebt und erhärtet. Das Harz ist von dem in den Thieren enthaltenen rothen Farbstoff gefärbt. Man zieht den Lac-Dye aus dem Stocklack durch kohlensaures Natron aus und fällt darauf mit Alaun. Dieser Farbstoff ist von dem der Cochenille nicht sehr verschieden. Ebenso kommt mit demselben der von dem Kermes (*Coccus ilicis*), von *Coccus polonicus* (Johannisblut) und von *Coccus fabae* überein. Letztere enthalten viel Fett, das durch Auspressen zum Theil entfernt werden kann.

Orseile und Persio. Unter Orseile (Archil), Persio und Cudbear versteht man teigartige Massen, welche als rothe Farbstoffe in den Handel kommen. Man erhält die Orseille, indem man mehrere Flechten (*Roccella tinctoria*, *R. Montagnei*, *Usnea barbata*, *U. florida*, *Ramalina calicaris*, *Gyrophora pustulata* u. s. w.) in ein feines Pulver verwandelt und das Pulver mit Harn angerührt der Fäulniss überlässt. Das durch die Fäulniss des Harnes entstandene kohlensaure Ammoniak wirkt auf die in diesen Flech-

ten enthaltenen Flechtensäuren: Alpha- und Betaorsellsäure, Erythrinsäure, Gyrophorsäure, Evernsäure, Usninsäure etc. ein, und verwandelt diese stickstofffreien Substanzen unter Austreten von Wasser in Orcin $C_{14}$ $H_8$ $O_4$, welches durch Aufnahme von Stickstoff und Sauerstoff in das Orcein $C_{14}$ $H_7$ $NO_6$ übergeht, welches letztere als der wesentliche Farbstoff der Orseille zu betrachten ist. Letztere erscheint als röthlicher Teig von eigenthümlich veilchenartigem Geruche und alkalischem Geschmacke. Die Bereitung derselben geschieht hauptsächlich in England und Frankreich aus Flechten, die auf den canarischen Inseln, zum Theil auch auf den Pyrenäen gesammelt werden. — Der Persio, Cudbear oder rothe Indig ist ziemlich dasselbe Product als die Orseille. Er wurde früher in Schottland aus den dortigen Flechten dargestellt, jetzt aber in grosser Menge in Deutschland (Stuttgart), Frankreich und England fabricirt. Er erscheint als röthlich violettes Pulver.

Weniger wichtige rothe Farbstoffe.

Rothe Farbstoffe von untergeordneter Bedeutung sind die Alkannawurzel (*Anchusa tinctoria*), das Drachenblut, ein rothes Harz von *Dracaena draco*, das Chicaroth oder Carajuru aus den Blättern der *Bignonia chica*, eines in Venezuela wachsenden Baumes und der Purpurcarmin oder das Murexid, durch Behandeln der Harnsäure mit oxydirenden Mitteln wie mit Salpetersäure, und dann mit Ammoniak, erhalten.

## Blaue Farbstoffe.

Blaue Farbstoffe. Indig.

Unter den blauen Farbstoffen steht der Indig oben an, der zwar schon den Römern und Griechen bekannt war und von denselben zum Malen benutzt wurde, aber erst seit der Mitte des 16. Jahrhunderts in Europa zum Färben Anwendung fand. Der Indig ist ein im Pflanzenreiche sehr verbreiteter Stoff. In der bedeutendsten Menge findet er sich in den Blättern verschiedener Arten der Anilpflanze (*Indigofera*). Ausserdem ist er enthalten im Waid (*Isatis tinctoria*), im *Nerium tinctorium*, in der *Marsdenia tinctoria*, im *Polygonum tinctorium*, im *Asclepias tingens* u. s. w. Der Farbstoff des Indigs ist als solcher nicht in der Pflanze enthalten, sondern bildet sich erst, wenn der frisch ausgepresste Saft der atmosphärischen Luft ausgesetzt wird. Aus vielen Untersuchungen geht hervor, dass in der frischen Pflanze der farblose Farbstoff mit einer Base, mit Kalk oder einem Alkali verbunden, enthalten ist. Der Indig des Handels wird in Ost- und Westindien, in Süd- und Mittelamerika, in Aegypten u. s. w. aus der Anilpflanze dargestellt. In Ostindien erhält man auch Indigo aus *Nerium tinctorium*. Zur Gewinnung des Indigs aus den Anilpflanzen benutzt man hauptsächlich folgende fünf Arten: *Indigofera tinctoria*, *I. anil*, *I. disperma*, *I. pseudotinctoria* und *I. argentea*. Die Anilpflanze verlangt ein warmes Klima und einen Boden, dessen Lage vor Ueberschwemmungen geschützt ist. Nach gehöriger Entwickelung der Pflanzen werden dieselben mit einer Sichel dicht am Boden abgeschnitten

und darauf in die Indigfabrik gebracht, in der man den Indig nach Boussingault's Beschreibung auf folgende Weise darstellt: Gewöhnlich sind an dem Orte der Fabrikation zwei grosse Cisternen übereinander gemauert angebracht. Die Pflanzen werden zuerst in die obere, in die Gährungsküpe (*Trempoire*) gebracht und darin mit kaltem Wasser übergossen, so dass das Wasser einige Zoll hoch über den Pflanzen steht. Hier gerathen die Pflanzen in Gährung, die unter Entwickelung einer grossen Menge Gas und eines eigenthümlichen Geruches vor sich geht. Die Flüssigkeit nimmt dabei erst eine grüne und dann eine blaue Farbe an. Bei einer Temperatur von 30⁰ ist die Gährung nach 12—15 Stunden beendigt. Darauf lässt man durch einen unten angebrachten Hahn die Flüssigkeit in die zweite Cisterne, die Schlagküpe (*Batterie*) ablaufen, reinigt die erstere von den ausgezogenen Pflanzen, die man trocknet und als Brennmaterial benutzt, und legt sofort wieder frische Pflanzen ein, welche auf gleiche Weise behandelt werden. Diese Operation wird ohne Unterbrechung bis zur Beendigung der Ernte fortgesetzt. Die in der Schlagküpe befindliche Flüssigkeit ist klar, von grünlich gelber Farbe, und enthält den Farbstoff aufgelöst. Um ihn daraus abzusondern, wird die Flüssigkeit mit Stöcken oder Schaufeln umgerührt. Der Zweck dieses Schlagens ist, die Indiglösung in vielfache Berührung mit der atmosphärischen Luft zu bringen, wodurch sich der Indig blau färbt, und ferner, das Abscheiden des gebildeten Indigs zu befördern. Das Schlagen darf weder zu kurze, noch zu lange Zeit fortgesetzt werden. So wie der Arbeiter wahrnimmt, dass die blauen Farbetheilchen sich vereinigen und sich von der Flüssigkeit trennen, so wird das Umrühren eingestellt, um dem Farbstoffe Zeit zu geben, sich am Boden der Cisterne abzusetzen. Das Niedersinken der Farbetheilchen aus der Flüssigkeit befördert man zuweilen durch Kalilauge oder Kalkwasser. Die Menge des ausgeschiedenen Indigs beträgt von 1000 Th. Flüssigkeit 0,5—0,75 Th. Wenn sich aller Indig abgesetzt hat, zapft man die darüber stehende Flüssigkeit ab und bringt den breiartigen Niederschlag in den sogenannten Sammelkasten, in welchem er von dem überschüssigen Wasser getrennt wird. Darauf wird der Brei in Pressbeutel gebracht, um alles Wasser abtropfen zu lassen, und daraus in hölzerne Kasten geschüttet und getrocknet.

Eigenschaften des Indigs. Der im Handel vorkommende Indig ist von tiefblauer Farbe, mattem erdigen Bruche und giebt beim Reiben mit einem harten Körper einen glänzend purpurrothen Strich. Er enthält ausser mineralischen Bestandtheilen eine leimartige Substanz (Indigleim), einen braunen Körper (Indigbraun), einen rothen Farbstoff (Indigroth) und den eigentlichen Farbstoff, das Indigblau. Nur der Gehalt an letzterem bedingt seinen Werth als Farbematerial. Er beträgt von 20 bis 75—80 pCt., im Mittel etwa 40—50 pCt.

Indigprobe. Die Güte und Aechtheit des Indigs erkennt man an seiner tiefblauen Farbe, Leichtigkeit und seiner Reinheit im Bruche. Auf

dem Wasser muss er schwimmen und sich in demselben völlig zertheilen lassen, ohne einen erdigen und sandigen Bodensatz zu geben. Beim Verbrennen darf er nur eine verhältnissmässig geringe Menge weisser Asche hinterlassen. Beim raschen Erhitzen muss er einen purpurfarbenen Dampf entwickeln und sich in rauchender Schwefelsäure vollständig zu einer dunkelblauen Flüssigkeit auflösen. Denjenigen Indig, der beim Reiben mit einem harten Körper einen röthlichen kupferfarbenen Schein annimmt, nennt man gefeuerten Indig (*Indigo cuivré*). Um den Indig genau zu prüfen, untersucht man zuerst seinen Wassergehalt, indem man eine gewogene Menge desselben bei 100° trocknet; er darf dabei nicht mehr als 3—6 pCt. verlieren. Um die Menge der darin enthaltenen mineralischen Bestandtheile zu erfahren, verbrennt man ferner eine gewogene Portion und wägt den Rückstand, der bei guten Sorten 7—9,5 pCt. beträgt. Ein genaues Resultat über den Gehalt einer Indigsorte an Indigblau kann man aber nur durch die sogenannten Indigproben erlangen. Am häufigsten bedient man sich der Chlorprobe. Man löst dazu nach Schlumberger eine gleiche Menge zweier vergleichungsweise auf ihren Werth zu untersuchender Indigsorten in der 10—12fachen Menge Nordhäuser Schwefelsäure auf und setzt zu einer jeden Lösung eine gleiche Menge Wasser. Zu einer jeden der verdünnten Lösungen setzt man in einem Cylinderglase so lange eine gemessene Chlorkalklösung zu, bis die blaue Farbe des Indigs verschwunden ist. Um einen Schluss aus dieser Probe auf den Gehalt an reinem Indigblau ziehen zu können, stellt man vorher einen Normalversuch mit einem, durch Sublimation aus dem Indig gewonnenen Indigblau an und berechnet aus den erhaltenen Resultaten den eigentlichen Werth der Indigsorten. — Die genauesten Resultate giebt folgendes von Berzelius empfohlenes Verfahren. Man nimmt 100 Gran des zu untersuchenden gepulverten Indigs, eine gleiche Gewichtsmenge reinen gebrannten Kalk und ein Volumen Wasser, das ungefähr 200 Loth wiegt. Darauf löscht man den Kalk mit einem Theile dieses Wassers, rührt das Kalkhydrat und den Indig zusammen, und spült den Brei mit dem übrigen Wasser in eine Flasche. Nachdem die Flasche einige Stunden lang gestanden hat, setzt man 200 Gran schwefelsaures Eisenoxydul hinzu und lässt den Niederschlag sich absetzen. Von der darüber stehenden Flüssigkeit zieht man ein Volumen ab, das dem vierten Theil des angewendeten Wassers entspricht, vermischt die abgegossene Flüssigkeit mit etwas Salzsäure und setzt sie dann der Luft aus, bis der reducirte Indig sich wieder in Indigblau verwandelt und als solches abgeschieden hat. Es wird auf einem Filter gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Die erhaltene Quantität ist der vierte Theil derjenigen Menge, die in 100 Gran des untersuchten Indigs enthalten war.

Chlorprobe.

Probe durch Reduction.

Bolley's Probe.

Nach Bolley benutzt man zur Indigprobe eine titrirte Lösung von chlorsaurem Kali, welche man zur Auflösung einer gewogenen

Menge von Indig in Schwefelsäure, die mit etwas Salzsäure versetzt worden ist, setzt. Die angewandte Menge der chlorsauren Kalilösung, von welcher bekannt ist, wie viel derselben 100 Th. Indigblau zu entfärben vermag, giebt die Menge des in dem Indig enthaltenen Indigblau an.

Lindenlaub's Probe. Nach Lindenlaub erhält man noch genauere Resultate, wenn man sich zur Zersetzung des chlorsauren Kalis der schwefligen Säure bedient, da hierbei nur das Chlor des chlorsauren Kalis entfärbend wirkt ($KO, ClO_5 + SO_3 + 5\,SO_2 = KO, SO_3 + 5\,SO_3 + Cl$), während bei Anwendung von Salzsäure auch deren Chlor mitwirkt. Man löst 100 Gr. krystallisirtes kohlensaures Natron in 500 Gr. Wasser und sättigt die Lösung mit schwefliger Säure. Um die titrirte Lösung des kohlensauren Kalis zu bereiten, löst man 4 Gr. getrocknetes chlorsaures Kali in so viel Wasser, dass die Lösung 400 Kubikcentimeter beträgt. Andererseits löst man 1 Gr. Indig in 10 Gr. rauchender Schwefelsäure und verdünnt die Lösung mit so viel Wasser, dass sie 200 Kubikcentimeter beträgt. Von dieser Indiglösung misst man mittelst der Pipette 50 Kubikcentimeter ab, bringt sie in eine Porcellanschale, verdünnt mit 200 Kubikcentimeter Wasser, versetzt sie mit 50 Kubikcentimeter Lösung von schwefligsaurem Natron und tröpfelt endlich chlorsaures Kali aus der Bürette bis zur Entfärbung hinzu.

Penny's Probe. Das von Penny zur Werthbestimmung des Indigs beschriebene Verfahren beruht auf der Anwendung von chromsaurem Kali und Salzsäure. 10 Th. gepulverter Indig werden mit dem 12fachen Gewicht rauchender Schwefelsäure 12 Stunden lang in einer Temperatur, die 25° nicht übersteigt, digerirt. Nach völliger Auflösung giesst man die Flüssigkeit in eine Pinte (= 0,568 Liter) Wasser, setzt 24 Gr. concentrirte Salzsäure hinzu, erwärmt gelinde und titrirt nun mittelst einer Auflösung von zweifach chromsaurem Kali in Wasser, die man so lange hinzufügt, bis ein mit einem Glasstabe herausgenommener Tropfen auf Filtrirpapier einen hellbraunen oder ochergelben Fleck, ohne eine Spur von grün oder blau hervorbringt ($8^1/_2$ Th. $KO, 2\,Cr\,O_3$ sind erforderlich, um 10 Th. reines Indigblau, nach Fritzsche's Methode dargestellt, zu entfärben).

Indigblau. Das Indigblau kann aus dem Indig durch Sublimation, oder wie aus Vorstehendem hervorgeht, durch Behandeln des Indigs mit Kalk, schwefelsaurem Eisenoxydul und Wasser dargestellt werden. Das Indigblau hat die Formel $C_{16}\,H_5\,NO_2$. Wenn man Indigblau bei Gegenwart eines freien Alkalis mit Substanzen zusammenbringt, die leicht Sauerstoff aufnehmen, wie mit schwefelsaurem Eisenoxydul, schwefligsauren Salzen u. s. w., so bildet sich meist unter Wasserzersetzung Indigweiss oder reducirter Indig $C_{16}\,H_6\,NO_2$, der aber, wie aus der Formel hervorgeht, kein reducirter Indig, sondern eine Verbindung des Indigblaus mit Wasserstoff ist. Auf dieser sogenannten Reduction des Indigs beruht zum Theil seine Anwendung in der Färberei. Das Indigblau löst sich in

concentrirter Schwefelsäure und bildet mit derselben die Indigschwefelsäure. Durch Fällen derselben mit kohlensaurem Kali erhält man den Blauer Carmin. Indigcarmin oder blauen Carmin*) (*Indigo soluble*) als tiefblauen Niederschlag, der sich in 140 Th. kaltem Wasser löst. Man benutzt den Indigcarmin in der Wasser-, seltener in der Oelmalerei; in Vermischung mit Stärke und mit Hülfe eines Bindemittels in Täfelchen geformt, bildet er das Wasch- oder Neublau, das zum Bläuen der Wäsche etc. angewendet wird.

Campecheholz. Das unter dem Namen Campecheholz oder Blauholz angewendete Farbeholz besteht aus dem von Rinde und Splint befreiten Kern des Stammes von dem Blauholzbaum (*Haematoxylon campechianum*), der in Amerika einheimisch ist und auf den Antillen angepflanzt wird. Die beste Sorte desselben ist das Campecheholz, die geringste das Domingoholz. Das färbende Princip darin ist das Haematoxylin, ein in blassgelben, durchsichtigen, glänzenden Nadeln krystallisirender Körper, der an sich kein Farbstoff, sondern eine Farbstoff erzeugende Substanz ist, welche gefärbt erscheint, wenn man sie mit starken Alkalien, namentlich Ammoniak und Sauerstoff in Berührung bringt. Die Lösung des Haematoxylin im Wasser ist farblos, geht aber durch die geringste Menge Ammoniak ins Purpurrothe über. Man benutzt das Blauholz zum Blau- und Schwarzfärben. Häufig stellt man jetzt Blauholzextract dar; bei der Fabrikation desselben ist zu berücksichtigen, dass das Haematoxylin sich unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft oxydirt und verändert; es muss deshalb Zutritt der Luft vermieden und das Abdampfen in Vacuumpfannen bei möglichst niedriger Temperatur vorgenommen werden.

Lakmus. Der Lakmus (Tournesol) findet nicht in der Färberei, wohl aber zum Bläuen des Kalkes, zum Bestreichen der bekannten Reagenspapiere, zum Rothfärben des rothen Champagners u. s. w. häufig Anwenddung. Man erhält ihn auf dieselbe Weise und aus denselben Flechten wie die Orseille und den Persio, nur wendet man neben den ammoniakalischen Flüssigkeiten auch Potasche an. Der Unterschied bei der Bereitung besteht nur darin, dass hier die Gährung und Oxydation weiter vorgeschritten und der rothe Farbstoff (Orcin) in einen blauen, Azolitmin, umgewandelt worden ist.

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Orcin} & C_{14}H_6O_4\\ \text{Ammoniak} & NH_3\\ \text{Sauerstoff} & 6\,O\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{ll}\text{Azolitmin} & C_{14}H_7NO_8\\ \quad\text{und} & \\ \text{Wasser} & 2\,HO.\end{array}\right.$$

Die gegohrene Masse wird mit Gyps und Kreide gemengt, und in Würfel geformt in den Handel gebracht.

---

*) Nicht zu verwechseln mit dem blauen Carmin ist eine unter demselben Namen bekannte Farbe, die man durch Reduction der Molybdänsäure durch Zinnchlorür erhält, und aus einem Gemenge von molybdänsaurem Molybdänoxyd und molybdänsaurem Zinnoxyd besteht.

Einen andern auch Tournesol genannten Farbstoff enthalten die im südlichen Frankreich fabricirten Bezetten oder Tournesolläppchen, mit dem Safte des Krebskrautes (*Croton tinctorium*) gefärbte Läppchen, die durch Ammoniak purpurroth oder dunkelgrün gefärbt sind. Man verwendet diese Farbe in Holland zum Färben der Käse, von Backwerk, Eingemachtem und Liqueuren, als Schminke und zum Färben des blauen Zuckerpapiers.

## Gelbe Farbstoffe.

Gelbe Farbstoffe: Gelbholz. Das Gelbholz ist das Holz des Färbermaulbeerbaums (*Morus tinctoria*) und wird als Kern des Stammes vorzüglich von Cuba Domingo und Haiti in Europa eingeführt. Es ist von gelber, stellenweise von gelbrother Farbe. Die Ursache dieser Farbe ist ein krystallisirbarer, farbloser Körper, das Morin, das sich im Holze mit Kalk verbunden vorfindet, und eine eigenthümliche Gerbsäure, die Moringerbsäure, die man in der Masse des Gelbholzes oft in grosser Menge krystallinisch abgelagert findet. Das Morin wird an der Luft und unter dem Einflusse der Alkalien gelb gefärbt. Das Gelbholz wird zum Gelbfärben und seines bedeutenden Gehaltes an Gerbsäure wegen auch zum Schwarzfärben benutzt.

Fisetholz. Das Fisetholz, Fustikholz, ungarisches Gelbholz, ist ein grünlichgelbes, braun gestreiftes Holz, das von dem Gerberbaum (*Rhus Cotinus*), einem im südlichen Europa wachsenden strauchartigen Gewächse, stammt. Es enthält einen eigenthümlichen Farbstoff, das Fustin, und bedeutende Mengen von Gerbsäure.

Orlean. Der Orlean ist ein gelblichrother Farbstoff, der vorzugsweise zum Färben der Seide Anwendung findet. Er kommt in Form eines steifen Teiges in dem Handel vor und wird in Amerika, West- und Ostindien aus der Frucht der *Bixa Orellana* dargestellt. Nach Chevreul finden sich in dem Orlean zwei Farbstoffe, von denen der eine von gelber Farbe in Alkohol und Wasser löslich ist, während sich der andere von rother Farbe leicht in Alkohol, nicht aber in Wasser löst.

Gelbbeeren. Die Gelbbeeren, Avignonkörner (*Grains d'Avignon*), sind die Früchte von *Rhamnus tinctoria* und werden aus der Levante oder dem südlichen Frankreich und Ungarn eingeführt. Die Grösse dieser Beeren ist sehr verschieden, man unterscheidet im Handel grosse und volle von heller Olivenfarbe, und kleinere, runzlige und dunkelbraune. Die ersteren sind vor ihrer vollständigen Reife eingesammelt worden, die anderen sind längere Zeit an den Aesten geblieben. Man trifft in den Gelbbeeren einen schön goldgelben Farbstoff, das Chrysorhamnin, und einen olivengelben, das Xanthorhamnin. Man benutzt die Gelbbeeren in der Kattundruckerei, zum Färben von Papier, zur Fabrikation von Lackfarben etc.

Curcuma. Die Curcuma ist die getrocknete Wurzel von *Curcuma longa*, einer in Ostindien, Java u. s. w. häufig angebauten Pflanze. Sie kommt entweder in eirunden Knollen oder in flachgedrückten Stücken von schmutziggelber Farbe vor. Der Farbstoff darin ist das Curcumin; es ist von gelber Farbe, sehr wenig haltbar und wird durch Alkalien rothbraun gefärbt.

Wau. Der Wau besteht aus dem Kraut und den Stengeln der *Reseda luteola*, die in südlichen Ländern wild wächst, häufig aber auch behufs der Färberei angebaut wird. Der französische Wau wird für den besten gehalten. Der darin enthaltene Farbstoff ist das Luteolin.

Quercitron. Unter Quercitron versteht man die von der Oberhaut befreite und gemahlene Rinde der in Nordamerika einheimischen Färbereiche (*Quercus tinctoria*). Es ist von heller Farbe und enthält ausser einem gelben Farbstoff, dem Quercitrin, Gerbsäure. Das Quercitrin spaltet sich beim Behandeln mit verdünnten Säuren in Zucker und Quercetin, ein citronengelbes Pulver, das unter dem Namen Flavin im Handel vorkommt. Wegen der Schönheit der Farbe wird das Quercitron häufiger als jeder andere gelbe Farbstoff in allen Zweigen der Färberei angewendet. Von den übrigen, einigermassen wichtigen Farbstoffen seien erwähnt die Scharte (*Serratula tinctoria*), der Färbeginster (*Genista tinctoria*), das Wongshy, die Samenkapseln der Früchte von *Gardenia florida*, einer Pflanze aus der Familie der Rubiaceen, die Purée oder das *Jaune Indien*, ein aus Ostindien eingeführter Farbstoff ungewissen Ursprungs, der aus dem Magnesiasalze der Euxanthinsäure besteht, und das Morindagelb aus der *Morinda citrifolia*. In neuerer Zeit hat man endlich die Pikrinsäure: $C_{12}\ H_3\ (3\ NO_4)\ O_2$, welche durch die Einwirkung von Salpetersäure auf Steinkohlentheeröl (phenylige Säure $=$ $C_{12}\ H_6\ O_2$) entsteht, als gelbes und (mit Indiglösung) als grünes Farbematerial für Seide und Wolle vorgeschlagen.

Schüttgelb. Das bekannte Schüttgelb wird dargestellt, indem man eines der vorstehenden gelben Farbematerialien mit Alaun auskocht und die durchgeseihte Abkochung über geschlemmte Kreide giesst. Gewöhnlich wendet man Gelbbeeren an, kocht dieselben mit 6 Th. Wasser und $^1/_5$ Th. Alaun aus und vermischt die Abkochung mit $^1/_2$—$^3/_4$ Th. Kreide. Letztere wird darauf auf ein Tuch zum Abtropfen gebracht und mittelst eines Trichters zu Kegeln geformt.

Braune, grüne und schwarze Farben. Die braunen Farben werden aus Blau und Roth mit Grau zusammengesetzt. Häufig färbt man auch braun mit gerbstoffhaltigen Pigmenten wie Weiden-, Eichen-, Wallnussrinde, namentlich mit Catechu, dem Extract aus dem Holze der *Areca* und *Acacia catechu* u. s. w. Schwarz wird erzeugt durch gerb- oder gallussaures Eisenoxydul-Oxyd oder durch chromsaures Kali und Blauholzab-

kochung *), Grün durch Mischen von Gelb und Blau oder durch Saft- oder Blasengrün, dem Safte von *Rhamnus catharticus*.

## Die Bleiche.

Bleiche. Ehe die zu färbenden Garne oder Zeuge die Farbstoffe aufnehmen können, müssen sie von den fremdartigen Stoffen, die im natürlichen Zustande die Thier- und Pflanzenfasern umhüllen, und denjenigen, die von der vorhergehenden Verarbeitung des Spinnens und Webens herrühren, befreit werden. Man nennt die Operation, durch welche dies geschieht, das Zurichten. Durch dasselbe wird also die Faser reingelegt und die Operation selbst ist ein mehr oder weniger vollständiges Bleichen. Da die leinenen Gewebe zum grössten Theile im ungefärbten Zustande Anwendung finden, so braucht hier nur das Bleichverfahren bei Baumwolle, Seide und Wolle angeführt zu werden. Alle aus diesen drei Körpern gewebten Stoffe müssen vollständig ausgebleicht sein, wenn sie mit hellen Farben ausgefärbt werden sollen. Bei dunkleren Farben ist eine dem Bleichen sich nähernde Zurichtung ausreichend. Durch das

Bleichen der Baumwolle. Bleichen der Baumwolle wird bezweckt, den gelben Farbstoff der rohen Baumwolle, die Weberschlichte, (Leim, Dextrin, Stärke), eine fette Substanz und die während der Verarbeitung hereingekommenen Schmutztheile zu entfernen. Das Bleichen geschieht zuerst durch Einweichen der Baumwolle in siedendes Wasser, wodurch alle darin löslichen Stoffe fortgeschafft werden. Darauf kocht man dieselbe mit Kalkmilch

---

*) Eine schwarze Farbenbrühe ist auch die gewöhnliche Schreibtinte, die wesentlich aus gallussaurem Eisenoxydul und Oxyd besteht, welches letztere durch arabisches Gummi in der Flüssigkeit suspendirt gehalten wird. Eine sehr gute schwarze Tinte lässt sich nach folgender Vorschrift darstellen: Man zieht 1 Kilogr. zerstossene Galläpfel und 150 Gr. Blauholz mit 5 Liter heissem Wasser aus, löst 600 Gr. arabisches Gummi in $2^1/_2$ Litern Wasser und 500 Gr. schwefelsaures Eisenoxydul für sich in einigen Litern Wasser. Darauf giesst man den Galläpfel- und Blauholzauszug mit der Lösung des Gummi und des schwefelsauren Eisenoxyduls zusammen, setzt einige Tropfen Lavendelöl und so viel Wasser hinzu, dass die Gesammtmenge der Flüssigkeit 11 Liter beträgt. Die Eisentinte hat ausser der unangenehmen Eigenschaft, Stahlfedern anzugreifen, noch den Fehler, dass die damit geschriebene Schrift, wenn auch oft nach sehr langer Zeit, gelb wird. In der neueren Zeit hat daher Runge an eine Tinte erinnert, die Leykauf in Nürnberg erfunden und schon vor Jahren von Erdmann in Leipzig verbessert und eingeführt worden ist. Diese Tinte besteht aus 1000 Th. Blauholzabkochung (1 Th. Holz auf 8 Th. Wasser) und einem Theil neutral. chromsauren Kali ($KO, CrO_3$), zu welcher man etwas Quecksilberchlorid setzt. Diese Tinte empfiehlt sich durch ungemeine Wohlfeilheit, Schönheit und Dauerhaftigkeit; das färbende Princip darin ist eine Verbindung von Hämateïn mit Chromoxyd. Zur Bereitung der sogenannten Alizarintinte (von Leonhardi) zieht man 42 Th. Galläpfel und 3 Th. Krapp mit Wasser aus, so dass 120 Th. Flüssigkeit entstehen, zu welcher man setzt 1,2 Th. schwefelsaure Indiglösung, 5,2 Th. Eisenvitriol und 2 Th. holzessigsaure Eisenlösung. Sie ist wesentlich gerbsaures Eisenoxydul.

oder mit einer Lösung von kohlensaurem Natron, wodurch die Weberschlichte aufgelöst und das Fett in eine seifenartige Verbindung übergeführt wird. Früher liess man zu ihrer Entfernung die baumwollenen Zeuge eine Art Gährung überstehen. Nachdem die Schlichte und das Fett entfernt worden sind, behandelt man die Baumwolle mit Aetznatronlauge, wodurch eine harzähnliche Substanz, die sich den vorstehenden Operationen entzog, aufgelöst wird. Endlich bringt man die Zeuge in eine Auflösung von Chlorkalk, die man durch einströmenden Wasserdampf erhitzt, und spült sie darauf in Bottichen ab, in denen sich verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure befindet. Es bildet sich schwefelsaurer Kalk oder Chlorcalcium und freies Chlor, welches im Augenblick des Freiwerdens das Bleichen des Zeuges bewirkt ($ClO + ClH = 2\,Cl + HO$; vergl. Seite 79). Die anhängende freie Säure wird durch ein alkalisches Bad entfernt. Es ist einleuchtend, dass die Weisse des Zeuges um so grösser ausfallen muss, je öfter diese Operationen wiederholt werden. — Zum Trocknen der gebleichten Zeuge bedient man sich jetzt häufig der Centrifugal-Trockenmaschine, welche aus zwei in einem Kasten eingeschlossenen und an den entgegengesetzten Seiten einer horizontalen Axe befestigten Körben von Metallgeflecht besteht. Wird in diese Körbe das zu trocknende Zeug gelegt, und die Axe vermittelst einer durch Räderwerk mit derselben verbundenen Kurbel rasch umgedreht, so fliesst das Wasser durch die Wirkung der Centrifugalkraft aus dem Zeuge aus, und letzteres kann auf diese Weise in einigen Minuten lufttrocken gemacht werden.

Bleichen der Seide.

Dem Bleichen der Seide geht das Entschälen voraus. Zu diesem Behufe behandelt man die Rohseide mit einer Auflösung von 30 Th. kohlensaurem Natron in 100 Th. Wasser und kocht dann die entschälte (degummirte) Seide mit Wasser aus. Durch diese beiden Operationen verliert die Rohseide ungefähr 25 pCt. von ihrem Gewichte. Bei seidenen Zeugen, die weiss bleiben sollen, wendet man darauf zum Bleichen schweflige Säure an, deren Darstellung und Wirkungsart früher beschrieben worden ist. Um das Weisse der Seide besser hervorzuheben, pflegt man derselben einen röthlichen Schimmer durch eine Lösung von Orlean in Seifenwasser, oder einen bläulichen Schein durch Indig zu geben.

Bleichen der Wolle.

Die Wollenbleiche beginnt mit dem Entschweissen, d. h. mit der Reinigung von der fettigen Kaliseife, die der Wolle im rohen Zustande als eine Ausscheidung der Haut anhängt. Diese Operation wird durch Behandeln der Wolle mit faulem Harn (kohlensaurem Ammoniak) oder mit einer Seifenlösung ausgeführt. Die Wolle verliert dabei 20—30 pCt. an Gewicht. Für die meisten Farben ist diese vorbereitende Reinigung hinreichend, nicht aber für zarte Farben und Zeuge, auf welche Farben aufgedruckt werden sollen. Bei den letzteren ist ein Bleichen durch schweflige Säure nöthig.

## Die Färberei.

Färberei. Auf ähnliche Weise, wie die Kohle Farbstoffe aus Lösungen unverändert in sich aufzunehmen vermag, ist auch die thierische und vegetabilische Faser im Stande, Pigmente aus Lösungen zu entziehen und sich damit zu verbinden. Die Verbindung ist aber in der Regel eine so lockere, dass sie durch wiederholte Behandlung mit demselben Lösungsmittel besonders in der Wärme leicht zerstört wird. So kann man eine Faser, die mit schwefelsaurem Indig, mit in Oxalsäure gelöstem Berlinerblau u. s. w. gefärbt ist, durch fortgesetztes Waschen entfärben. Die Faser wird daher erst dann eigentlich gefärbt werden, wenn der aufgelöste Farbstoff mit der Faser eine Verbindung eingegangen hat, die durch Behandeln mit dem Lösungsmittel nicht mehr gehoben wird. Die so erzeugte Farbe heisst eine ächte; sie widersteht der Witterung, dem Lichte, dem Seifenwasser, schwachen alkalischen Laugen und sehr verdünnten Säuren. Eine Farbe, die unter diesen Einflüssen zerstört wird, heisst unächt. Die Färberei beruht auf chemischen Grundsätzen, die Verbindung der Faser mit dem Farbstoff scheint aber in vielen Fällen nur eine mechanische zu sein.

Die zum Färben nothwendige unlösliche Verbindung der Faser mit dem Farbstoff lässt sich auf verschiedene Weise erzeugen. Sie lässt sich darstellen 1) durch Entfernung der Auflösungsmittel. Auf diese Art lässt sich Kupferoxyd, das sich in Ammoniak gelöst befindet, durch blosses Verdunsten des Ammoniak auf der Faser fixiren Ebenso chromsaures Zinkoxyd in ammoniakalische Lösung. Die unlösliche Verbindung kann 2) durch Oxydation hervorgebracht werden, indem durch Aufnahme von Sauerstoff der vorher lösliche Farbstoff unlöslich wird. Hierher gehören ausser dem schwefelsauren Eisenoxydul und Manganoxydul, das durch Oxydation in unlösliches Oxydhydrat übergeht, die gerbsäurehaltigen Vegetabilien, welche ausserdem einen Farbstoff enthalten, wie Quercitron, Sumach, Gelbholz, Fiset u. s. w. Wenn man Zeug mit einem wässerigen oder alkalischen Auszug dieser Substanzen tränkt und dasselbe der Luft aussetzt, so wird der Farbstoff braun und löst sich in Wasser nicht mehr auf. Eine gleiche Veränderung wird schneller hervorgebracht, indem man auf diese Weise getränkte Zeuge mit oxydirenden Mitteln, wie mit Chromsäure (chromsaurem Kali) behandelt. Ein Beispiel dieser Art ist das Schwarzfärben mittelst Blauholz und chromsaurem Kali, wo das Hämatoxylin des Holzes zu Hämateïn oxydirt und die Chromsäure zu Chromoxyd reducirt wird. In dieselbe Kategorie gehört gewissermassen auch das Blaufärben mit Indig in der Küpe, von welchem später die Rede sein wird; in diesem Falle geht aber die Färbung dadurch vor sich, dass allerdings Sauerstoff aufgenommen, aber zugleich Wasserstoff aus dem Indigweiss ausgeschieden wird, das sich mit dem Sauerstoff zu Wasser ver-

bindet. In vielen Fällen sucht man 3) die unlösliche Verbindung durch doppelte Zersetzung hervorzubringen, so erzeugt man Blau durch Kaliumeisencyanür (Blutlaugensalz), das mit einer Säure zersetzt worden ist, und durch Eisenoxyd; Grün durch arsenigsaures Kali und Kupfervitriol, Gelb durch chromsaures Kali und ein lösliches Bleisalz. Diese Art der Fixirung der Pigmente findet nur bei Mineralfarben Anwendung. Die wichtigste und gebräuchlichste Methode der Fixirung der Farben ist endlich 4) das Beizen. Unter einer Beize versteht man die Lösung eines Körpers, der an sich kein Farbstoff, zu der Faser wie zu dem Pigment aber Verwandtschaft hat und die Verbindung beider vermittelt. Die wichtigsten dieser Körper, die man zu Beizen (*Mordants*) anwendet, sind Alaun, schwefel- und essigsaure Thonerde, essigsaures Eisenoxyd und Zinnchlorür*), Fette, Gerbsäure, gewisse Oele und Caseïn. Durch diese Beizen werden die zu färbenden Zeuge gezogen, und dann erst in die Farbelösung gebracht. Die meisten organischen Pigmente sind nur vermittelst der Beizen zum Färben anwendbar. — Bankroft theilt die Farben ein in substantive und adjective; mit dem Namen der ersteren bezeichnet er diejenigen, die sich ohne irgend ein Zwischenmittel mit der Faser verbinden, zu denselben gehören alle mineralischen Pigmente, und von den vegetabilischen: Indigo, Curcuma, Orlean, Safflor, Eisenoxydhydrat, Catechu u. s. w. Unter den adjectiven Farben versteht er hingegen diejenigen, die eines Intermediums bedürfen, um auf der Faser haften zu können. Diese Zwischen- oder Aneignungsmittel sind

Beizen. die Beizen. Letztere haben aber nicht nur die Bestimmung, die Verbindung der Faser mit dem Farbstoff zu bewerkstelligen, sie können auch in gewissen Fällen dazu dienen, eine solche Veränderung in den schon vorher mit Erd- oder Metallsalzen getränkten Zeugen hervorzubringen, dass die damit versehenen Stellen beim Herausnehmen aus der Farbenbrühe (der Flotte) weiss erscheinen. Man nennt solche Beizen entfärbende Beizen. Zu ihnen gehören Phosphorsäure, Weinsäure, Oxalsäure, arsenige Säure, oxalsaures Kali u. s. w. Die bei der Kattundruckerei zu erwähnenden Schutzpappen gehören ebenfalls hierher. Oefters haben aber auch die Beizen den Zweck, schon vorhandenen Beizen einen anderen Ton zu geben, die erhaltene Farbe lebhafter und reiner hervortreten zu lassen und dadurch das Zeug zu schönen oder zu schauen (aviviren); letzteres geschieht durch Ziehen des schon gefärbten Zeuges durch schwach saure oder alkalische Flüssigkeiten durch Seifenlösung, oder durch eine andere Farbenbrühe. Man nennt solche Beizen Modificationsbeizen.

---

*) Das Zinn wendet man als Beize in folgender Lösung an: In ein Gemisch von zwei Theilen Salzsäure und einem Theil Salpetersäure trägt man gekörntes Zinn so lange ein, als noch daran etwas aufgelöst wird. Diese Lösung nennt man Physik oder Physikbad, und die mit Hülfe derselben erhaltenen Farben Physikfarben.

Wollfärberei. Wollfärberei (Schönfärberei). Die Wolle wird entweder ungesponnen als Flockwolle, oder gesponnen als Garn, oder als Gewebe, als Tuch oder Zeug gefärbt. Da bei der Verarbeitung der Wolle stets ein Theil beim Weben, Walken und Scheeren abfällt, so ist es vortheilhaft, die Wolle im gesponnenen Zustande zu färben. Wenn die zu erzeugende Farbe ächt werden soll, so werden die zu färbenden wollenen Stoffe vorgebeizt. Dies geschieht durch Kochen (Ansieden) der Wolle in einer Lösung von Alaun und Weinstein; oder Weinstein und Zinnsalz; oder Weinstein und Eisenvitriol. Für gewisse Farben wendet man Physikbad oder Zinncomposition, oder Pinksalz (vergl. Seite 295) an.

Blaufärberei. Der wichtigste Theil der Wollfärberei ist die Blaufärberei. Am häufigsten erzielt man die blaue Farbe mit Indig, der die schönsten und dauerhaftesten Farben erzeugt, oder für Merinos und ähnliche Stoffe mit Berlinerblau, oder endlich ordinäre Zeuge mit Blauholz und schwefelsaurem Kupferoxyd. Ob ein Stoff mit Indig, Berlinerblau oder Kupfersalzen gefärbt ist, lässt sich auf folgende Weise erkennen: Mit Indig gefärbte Wolle verändert beim Kochen mit Kalilauge oder beim Befeuchten mit concentrirter Schwefelsäure ihre Farbe nicht. Mit Berlinerblau gefärbte Wolle nimmt beim Kochen mit Kalilauge eine rothe Farbe an und entfärbt sich beim Berühren mit Schwefelsäure. Mit Kupfersalz gefärbte Wolle endlich wird durch verdünnte Schwefelsäure roth und hinterlässt kupferhaltige Asche.

Indigblau. Wolle wird durch Indig stets auf die Weise gefärbt, dass man sie in eine Auflösung von Indigweiss in einer alkalischen Flüssigkeit bringt, und dann der Luft aussetzt. Folgendes Schema mag die Färberei vermittelst Indig verdeutlichen:

$$\underbrace{C_{16}\,H_6\,NO_2}_{\text{Indigweiss.}} + O = \underbrace{C_{16}\,H_5\,NO_2}_{\text{Indigblau.}} + HO$$

Indigküpen. Das Gefäss, in welchem die Auflösung des Indigs vorgenommen wird, heisst die Küpe. Dieser Name ist auch auf das Verfahren des Färbens übergegangen, so dass man unter Indig- oder Blauküpe die in der Färberei übliche Methode, den Indig aufzulösen, versteht. Man löst den Indig entweder, indem man denselben reducirt, oder, indem man ihn mit Schwefelsäure behandelt. Man theilt die Küpen ein in warme und kalte Küpen. Zu den warmen rechnet man die Waid- und die Potaschenküpe, zu den kalten die Vitriol-, die Urin-, die Operment- und die Zinnoxydulküpe.

Waidküpe. Die Waidküpe (Pastellküpe) oder warme Küpe dient besonders zum Färben der Streichwolle und des Tuches; sie giebt die schönsten, glänzendsten und haltbarsten Farben unter allen Küpen, und besonders satte und lebhafte, wenn sie mit der besseren Sorte Waid angemacht ist.

Früher, als der Indig nicht bekannt war, wurde sie mit Waid ange-

setzt und verdankte dann ausschliesslich diesem ihre färbende Eigenschaft; später ersetzte man, um das Färbevermögen zu vermehren, den Indig zum Theil durch Waid. Gegenwärtig setzt man den Waid zu der Waidküpe nicht sowohl wegen des darin enthaltenen Indigs, als vielmehr, um dadurch eine Gährung hervorzurufen, durch welche der Indig zu Indigweiss reducirt und aufgelöst wird. Um eine Küpe die gewöhnlich aus Eisen oder Kupfer ist, anzustellen, füllt man sie zuerst mit weichem Wasser und setzt dann je auf 500 Liter Wasser 1 Kilogr. feingemahlenen Indig, $13^1/_2$ Kilogr. Waid, $^1/_2$ Kilogr. Krapp, $^1/_2$ Kilogr. Kleie und $^1/_2$ Kilogr. Potasche, während die Temperatur auf 80—90° gebracht und so etwa 2 Stunden erhalten wird. Hierauf setzt man $^1/_2$ Kilogr. gebrannten und zu Milch gelöschten Kalk hinzu, hört aber mit dem Feuern auf, so dass die Küpe langsam abkühlt. Nach einiger Zeit, die je nach den Umständen von 12 Stunden bis selbst einigen Tagen variiren kann, sellt sich eine Gährung ein, wobei der Indig allmälig reducirt und aufgelöst wird. Es erscheinen auf der Oberfläche blaue Blasen und blaue, mit kupferrothem Schiller spielende Streifen und ein eigenthümlich ammoniakalischer Geruch stellt sich ein. Der Kalk muss in der Flüssigkeit ein wenig vorherrschen. Nach beendigter Reduction des Indigs erscheint die Flüssigkeit klar und von weingelber Farbe.

Es ist nicht leicht die eigenthümliche Rolle des Krapps und der Kleie in der Waidküpe genügend zu erklären. Es ist wahrscheinlich, dass aus gewissen Bestandtheilen des Krapps und der Kleie, z. B. aus dem Zucker des Krapps, den Pektin- und Gummikörpern und der Stärke, welche die Kleie enthält, zunächst wesentlich Milchsäure sich bildet und dass diese sodann in Buttersäure übergeht, wobei Kohlensäure und Wasserstoffgas frei werden, welches letztere in *statu nascenti* das Indigblau zu Indigweiss reducirt. Der Waid erleidet dagegen eine andere Art von Gährung, welche am besten als langsame Fäulniss bezeichnet werden kann, dabei entsteht als wesentliches Product Ammoniak, wodurch das Indigweiss gelöst wird. Beide Arten von Gährung scheinen für das Gelingen der Küpe wesentlich zu sein. Bei blossem Zusatze von Waid zu derselben würde nämlich die Fäulniss zu rasch vor sich gehen und eine gänzliche Zerstörung des Indigs herbeiführen. Durch die bei der Gährung der Kleie und des Krapps sich bildende freie Säure wird die Fäulniss des Waids in dem Grade unterdrückt, dass zwar die zur Lösung des Indigweisses nothwendige Menge Ammoniak sich entwickelt, aber kein Indig zerstört wird. Der Kalk hat die Bestimmung die durch die Gährung gebildete Säure zu sättigen, welche sonst das Ammoniak neutralisiren und dadurch dem Indigweiss sein Lösungsmittel entziehen würde; er wirkt in gleichem Sinne wie die Säure dem zu schnellen Verlauf der Gährung entgegen und trägt deshalb das Seinige zur Verhinderung der Zerstörung des Indigs bei.

Potaschenküpe. Zur Darstellung der Potaschenküpe, indischen

oder Indigküpe nimmt man auf 12 Th. Indig, 8 Th. Krapp, 8 Th. Kleie und 24 Th. Potasche, erwärmt anfänglich auf $50^0$, und setzt nach 36 Stunden noch 12 Th. und nach 48 Stunden abermals 12 Th. Potasche hinzu. Nach 3 Tagen ist die Gährung so weit vorgeschritten, dass die Küpe zum Färben bereit ist. Diese Küpe färbt schneller und besser als die Waidküpe und ist auch weit leichter zu behandeln. Man benutzt sie zu Elbeuf und Louviers in Frankreich zum Färben des Tuchs. In der neueren Zeit kommt die mit kohlensaurem Natron und Aetzkalk dargestellte Sodaküpe immer mehr und mehr in Aufnahme.

Vitriolküpe. Bei der Vitriolküpe wird Indig mit Wasser, schwefelsaurem Eisenoxydul, Kalk (oder Kali und Natron) zusammengebracht. Die Flüssigkeit wird sehr bald entfärbt und wird besonders, um schnell zu färben, angewendet. Die Reduction des Indigs geht hierbei auf folgende Weise vor sich: Der Kalk scheidet aus dem schwefelsauren Eisenoxydul unter Bildung von Gyps Eisenoxydulhydrat ab, das in Oxyd überzugehen strebt. Es bewirkt in dessen Folge eine Wasserzersetzung; der Sauerstoff des Wassers verwandelt das Oxydul in Oxyd, während der Wasserstoff zu dem Indigblau tritt und reducirten Indig bildet:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Indigblau} & C_{16}\,H_5\,NO_2 \\ \text{Schwefelsaur. Eisenoxydul} & 2\,FeO,\,SO_3 \\ \text{Kalk} & 2\,CaO. \\ \text{Wasser} & HO. \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{ll} \text{Indigweiss} & C_{16}\,H_6\,NO_2 \\ \text{Gyps} & 2\,CaO,\,SO_3 \\ \text{Eisenoxyd} & Fe_2\,O_3. \end{array}\right.$$

Die Vitriolküpe wird häufiger zum Färben von Baumwollen- und Leinenstoffen, als in der Wollenfärberei benutzt.

Urinküpe. Die Urinküpe wird durch Auflösen von Indig in faulem Harn dargestellt. Die Reduction des Indigs geschieht durch die organischen Substanzen des faulen Harnes, die Lösung des reducirten Indigs durch das durch die Fäulniss des Harnstoffs entstandene kohlensaure Ammoniak. Man benutzt die Urinküpe zum Färben von Wolle und Leinen, wiewohl sehr selten.

Opermentküpe. Die Opermentküpe dient vielmehr in der Kattundruckerei als zum Blaufärben der Wolle. Man stellt sie durch Auflösen von Operment (Schwefelarsenik $As\,S_3$) und Indig in Kalilauge dar, und trägt die Lösung mit Gummi verdickt auf. Die Reduction geht auf folgende Weise vor sich: Operment und Kali geben unter Wasserzersetzung arseniksaures Kali und unterschwefligsaures Kali; der frei werdende Wasserstoff verbindet sich mit dem Indigblau zu Indigweiss;

$$\underbrace{16\,C_{16}\,H_5\,NO_2}_{\text{Indigblau.}} + \underbrace{2\,As\,S_3}_{\text{Operment.}} + \underbrace{5\,KO}_{\text{Kali.}} + 16\,HO =$$

$$\underbrace{2\,KO,\,As\,O_5}_{\text{arseniksaur. Kali.}} + \underbrace{3\,KO,\,S_2\,O_2}_{\text{unterschwefligs. Kali.}} + \underbrace{16\,C_{16}\,H_6\,NO_2}_{\text{Indigweiss.}}$$

Zinnkupe. Bei der Zinnküpe bringt man den Indig mit einer Auflösung von Zinnoxydul in Aetzkali zusammen:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Indigblau} & C_{16}\,H_5\,NO_2\\ \text{Zinnoxydul-Kali} & SnO,\,KO\\ \text{Wasser} & H\,O\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{ll}\text{Indigweiss} & C_{16}\,H_6\,NO_2\\ \text{Zinnoxyd-Kali} & SnO_2,\,KO\end{array}\right.$$

oder kocht Aetznatron mit Indig und metallischem Zinn:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Indigblau} & 2\;C_{16}\,H_5\,NO_2\\ \text{Zinn} & Sn\\ \text{Natron} & NaO,\,HO\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{ll}\text{Indigweiss} & 2\;C_{16}\,H_6\,NO_2\\ \text{Zinnoxyd-Natron} & SnO_2,\,NaO.\end{array}\right.$$

Diese Küpe wird ebenfalls hauptsächlich in der Kattundruckerei angewendet.

Sämischblau. Wie schon Seite 551 angegeben worden ist, löst sich der Indig in concentrirter Schwefelsäure und bildet mit derselben die Indigschwefelsäure. Dieselbe dient zum Blaufärben der Wolle. Um die Lösung derselben (die Indigcomposition) darzustellen, löst man 1 Th. Indig in 4 — 5 Theilen rauchender Schwefelsäure, schüttet die Lösung in einen Kessel mit Flusswasser, und bringt in die Flüssigkeit Flockenwolle, die man darin 24 Stunden liegen lässt. Nach Verlauf dieser Zeit, während welcher sich die Indigschwefelsäure auf die Wolle niedergeschlagen hat, lässt man die Wolle abtropfen, bringt sie dann in einen Kessel mit Wasser, das mit etwas kohlensaurem Ammoniak, Natron oder Kali versetzt worden ist und lässt sie mit demselben einige Zeit lang sieden. Die so erhaltene Lösung (abgezogenes sächsisches Blau oder Bläue) wird zum Blaufärben angewendet. Soll Wolle mit dieser Lösung blau gefärbt werden, so wird sie mit Alaun ausgesotten und dann mit dieser Flüssigkeit behandelt. Es bildet sich auf der Wolle indigblauschwefelsaure Thonerde.

Wiederbelebung des Indigs. Um aus den Abfällen, den Lumpen von Tuch u. s. w. die mit Indig gefärbt sind, den Indig wieder zu gewinnen, behandelt man die Zeuge mit verdünnter Schwefelsäure, die bis auf 100° erwärmt ist. Es löst sich die Wolle auf, während der Indig unlöslich zu Boden fällt. Militärmontur-Tücher können bis zu 3 — 5 pCt. Indig geben. Die saure Lösung der Wolle wird mit Kreide neutralisirt; der entstehende schwefelsaure Kalk eignet sich wegen der damit gemengten stickstoffhaltigen Substanz als Düngemittel.

Blaufärben mit Berlinerblau. Mit Berlinerblau färbt man Wolle auf zweierlei Art. Die erste Art besteht darin, die Wolle mit einer Eisenoxydlösung zu tränken, und dann durch eine Lösung von Ferrocyankalium, die mit Schwefelsäure angesäuert ist, zu ziehen. Das zweite Verfahren beruht auf der Benutzung der zersetzenden Einwirkung der Luft auf die Ferrocyanwasserstoffsäure. Man taucht die Zeuge in eine Auflösung von Ferrocyankalium, Schwefelsäure und Alaun in Wasser, und setzt sie nachher der atmosphärischen Luft aus; die Ferrocyanwasserstoffsäure zersetzt sich in

entweichende Blausäure und in auf der Faser zurückbleibendes Eisencyanürcyanid. (Vgl. Seite 245). Das neuere Verfahren von Weitzendorf, vermittelst des Berlinerblau's Farbentöne darzustellen, die den durch Sächsischblau hervorgebrachten nicht nachstehen, beruht auf der Anwendung des Ferridcyankalium (siehe Seite 246). Nach dieser Methode nimmt man eine Lösung von Ferridcyankalium, Zinnchlorid ($Sn Cl_2$), Weinsäure und Oxalsäure, in welcher man die Wolle erhitzt. Die Oxalsäure bewirkt die Lösung des Berlinerblau's, welches letztere beim Färben nur in aufgelöster Form wirken kann, während das unlösliche unbenutzt verloren geht. Die Weinsäure erhöht den Glanz und die Lebhaftigkeit der Farbe.

Blaufärben mit Campecheholz und Kupfersalzen. Um mit Campecheholz und Kupfersalzen blau (Holzblau) zu färben, bereitet man ein Bad, in welchem man Campecheholz kochen lässt und bringt dann Alaun, Weinstein und schwefelsaures Kupferoxyd hinein. In dieser Brühe lässt man die Wolle kochen. Nach dem Ausfärben werden die Zeuge durch Kochen in einem Bad von Campecheholz, Zinnchlorür, Alaun und Weinstein geschönt. Die mit Campecheholz gefärbten und darauf geschönten Tuche haben vor den mit Indig im Stück gefärbten den Vorzug, dass sie durch Reibung und durch den Gebrauch nie weiss werden.

Gelbfärberei. Die zum Gelbfärben der Wolle am häufigsten angewendete Substanz ist der Wau, der die Eigenschaft hat, beim Zusammenbringen mit reinem Alkali weniger roth gefärbt zu werden als die übrigen gelben Farbstoffe. Die Wasserfarben bleiben an der Luft ziemlich lange unverändert, obgleich ihre Haltbarkeit mit der der Indigfarben nicht zu vergleichen ist. Die Wolle wird zuerst mit einer Lösung von Alaun und Weinstein, und dann in einem frischen Bade und Wau gekocht. Mit etwas Fisetholz oder Krapp modificirt, erhält man rothgelb, mit etwas Indigschwefelsäure citronengelb. Des Gelbholzes bedient man sich weniger zur Darstellung von reinem Gelb als von gemischten Farben. Die grosse Menge der in dem Gelbholz enthaltenen eigenthümlichen Gerbsäure bewirkt, dass mit dem Gelbholz ohne Beizen gefärbt werden kann, obgleich die so behandelte Flockenwolle eine für das Verspinnen sehr nachtheilige Härte annimmt. Der Vorschlag, aus den Abkochungen des Gelbholzes die Gerbsäure durch Hautabfälle zu fällen, ist insofern ein irrationeller, als die in dem Gelbholz enthaltene Gerbsäure eine gelbfärbende ist, und das Gelbholz durch Entfernung dieser Säure des grössten Theils seines Farbstoffs beraubt werden würde. Das Fisetholz wendet man vorzugsweise zum Gelbfärben der Merinos an. Goldgelb wird auf Wolle erzeugt, indem man dieselbe in verdünnter Salpetersäure liegen lässt und sie sodann in verdünnte Potaschenlösung bringt; das färbende Princip ist die durch die Einwirkung der Salpetersäure auf die Wolle entstehende Pikrinsäure.

Rothfärberei. Bei dem Rothfärben der Wolle wendet man am

häufigsten den Krapp an. Die Operation der Krappfärberei zerfällt in das Ansieden und das Aussieden im Krappbade. Bei derselben muss möglichst reines Wasser angewendet werden, da besonders Kalksalze der Farbe einen eigenthümlichen violetten Ton geben. Das Ansieden geschieht in einer Lösung von Alaun und Weinstein, das Aussieden in dem Krappbad, in welchem der Krappgehalt mindestens die Hälfte vom Gewicht der Wolle beträgt. Nach dem Ansieden wird die Wolle sorgfältig ausgewaschen, um alle holzigen Theile, die an der Wolle hängen, zu entfernen. Das Rothfärben mit Cochenille geht ebenso wie die Krappfärberei durch Ansieden und Aussieden vor sich. Die Nüancen mit einem Stich ins Gelbe führen den Namen Scharlach, die mit einem Stich ins Rothe Ponceau. Man siedet mit einem Bad aus Cochenille, Weinstein und Zinnsalz an und färbt mit Cochenille und Zinnsalz aus.

Grünfärben. Grün stellt man durch die Verbindung von Blau und Gelb dar. Gewöhnlich färbt man erst die Wolle blau, lässt sie dann mit Weinstein und Alaun kochen und färbt dann mit Gelbholz oder Wau aus. Das zu Spieltischen, Billardüberzügen u. s. w. angewendete grüne Tuch wird auf folgende Weise gefärbt: Man bereitet eine schwache Abkochung von Gelbholz, schüttet in das Bad etwas Sächsischblau und löst darin Alaun und Weinstein. Darauf taucht man die Stücke hinein und erhält das Bad 2 Stunden lang im Sieden. Nach dem Auswaschen bringt man das Tuch in ein frisches Gelbholzbad, zu welchem man abermals eine kleine Menge Sächsischblau gesetzt hat und färbt es darin aus. — Auf ähnliche Weise erzeugt man durch Cochenille, Fisetholz, Krapp, Gelbholz etc. alle Arten gemischter Farben.

Bunte Farben.

Schwarze Farben. Die schwarze Farbe der Wolle entsteht gewöhnlich aus einer Verbindung des Eisenoxydes mit Gerbsäure und Gallussäure. Man beizt die Wolle mit schwefelsaurem Eisenoxydul an und färbt dann vermittelst einer Abkochung von Blauholz, Galläpfeln, Sumach u. s. w. aus. Zu ächtem Schwarz (Sedanschwarz) giebt man den Tüchern in der Waidküpe einen dunkelblauen Grund, wäscht sie dann sorgfältig aus, bringt sie in ein Bad von Sumach und Blauholz, lässt sie darin 3 Stunden lang sieden und setzt darauf schwefelsaures Eisenoxydul hinzu. Diese Operation wird wiederholt, bis das Tuch eine intensiv schwarze Farbe angenommen hat. Zu weniger ächtem Schwarz giebt man dem Tuch einen Grund mit Berlinerblau und färbt hierauf wie vorher aus. Bei unächtem Schwarz (Bedarieuxschwarz, Toursschwarz, Genferschwarz) nimmt man Blauholz, Sumach mit etwas Gelbholz, als Basis und wendet zum Schwarzfärben schwefelsaures Eisenoxydul und schwefelsaures Kupferoxyd an. Das Schwarzfärben mit chromsaurem Kali (das Chromschwarz) — eine Erfindung von Leykauf in Nürnberg — wird auf folgende Weise ausgeführt: Man siedet mit einer Lösung von doppelt-chromsaurem Kali und Weinstein an und färbt mit einer Abkochung von Blauholz aus.

Anstatt des schwefelsauren Eisenoxyduls wendet man zweckmässiger essigsaures (holzsaures) Eisenoxydul an.

Weisses Tuch. Weisses Tuch erhält man, indem man das Tuch nach dem Schwefeln durch Kreide zieht, und nach dem Trocknen ausklopft und ausbürstet.

Seidenfärberei. Seidenfärberei. Die Seide wird gewöhnlich roh, nachdem sie entschält, gebleicht oder geschwefelt worden ist, gefärbt. Die bei der Seidenfärberei angewendeten Beizen dürfen nicht siedend, sondern müssen kalt angewendet werden.

Um die Seide schwarz zu färben wendet man entweder an

1) Blauholz und Eisensalze,

2) Galläpfel oder andere gerbstoffhaltige Körper und Eisensalze.

Das erstere Schwarz heisst schlechtweg Holzschwarz, das letztere Schwerschwarz. Das Holzschwarz ist billiger und findet besonders für leichte Stoffe, Bänder etc. Anwendung; eine unangenehme Eigenschaft dieser Farbe besteht darin, dass sie durch die Einwirkung selbst verdünnter Säuren geröthet wird. Theurer und umständlicher ist das Schwerschwarz, dafür hat es aber auch den grossen Vortheil, dass es durch Säuren nicht verändert wird, dass ferner Seide in Schwerschwarz eine Gewichtsmenge Farbstoff aufnimmt, die 60, 80, ja selbst 100 pCt. ihres eigenen Gewichtes beträgt*). Der Seidenfärber muss auf Verlangen für 100 Pfund rohe Seide 160, 180—200 pCt. schwerschwarzgefärbte abliefern. In Deutschland wendet man als gerbsäurehaltige Substanz Knoppernextract oder sogenannten „schwarzen Seidengrund", ein in Böhmen fabricirtes sehr adstringirendes Extract, an. Oft ist die schwarze Seide im höchsten Grade mit Farbe gesättigt, wodurch das Zeug eine scheinbar grosse Stärke erhält, während die Farbe unhaltbar ist und das Zeug abfärbt. Eine solche Farbe heisst Dunstfarbe. Unter dem Mikroskop beobachtet man, dass die Farbe den Seidenfäden nur lose anhaftet (s. nebenst. Fig 138). Das Schwerschwarzfärben wird ausgeführt, indem man die Seide zuerst gallirt, d. h. durch ein gerbsäurehaltiges Bad zieht und dann mit Eisensalzen ausfärbt (Mailänderschwarz); das Schwarz, welches einen Grund hat

Fig. 138.



*) Die zu Schuhschnüren bestimmte Seide giebt sogar 255 pCt. gefärbte Seide auf 100 rohe.

von Blutlaugensalz und salpetersaurem Eisenoxyd, führt den Namen Blaukesselglanz. Wohl keine Farbe in der Seidenfärberei hat von jeher zu so viel Speculationen Veranlassung gegeben, als die Herstellung des Schwerschwarz, da der Zweck, den man in dem gegebenen Falle zu erreichen beabsichtigt, ein doppelter ist, man will nämlich Schwarzfärben, dann will man aber auch erschweren. Das erstere geschieht durch diejenigen Gerbematerialien, die wie Galläpfel etc. eisenbläuende Gerbsäure enthalten, das zweite, das Erschweren, beruht auf der Eigenschaft der Gerbstoffe, sich leicht und vollständig mit thierischen Stoffen, also auch mit der Seide verbinden zu können. Ebenso wie beim Gerben des Leders die Haut an Masse und Gewicht zunimmt, ebenso wirkt die Gerbsäure auf die Seidenfaser ein, indem sie dieselbe anschwellen, voluminöser und deshalb auch schwerer macht. Je reicher an Gerbsäure das Bad ist, desto schwerer wird bis zu einer gewissen Grenze die Seide werden müssen. Ob man ein Eisenoxyd- oder ein Eisenoxydulsalz zum Ausfärben anwendet, ist nicht gleichgültig; gallirte Seide durch ein Oxydbad gezogen, wird sogleich schwarz, durch ein Oxydulbad dagegen zuerst bloss schwärzlichviolett, dann aber an der Luft nach und nach auch schwarz. Wenn nun gleich die Wirkung des Oxydulsalzes, der Wirkung des Oxydsalzes im endlichen Resultate gleicht, so hat dennoch für bestimmte Zwecke bald dieses, bald jenes seine besonderen Vortheile: bei geringeren Mengen von Gerbsäure ist das Eisenoxyd zulässig und nützlich, bei grossen Massen von Gerbsäure dagegen nur das Oxydul anwendbar (David).

Eine blaue Färbung wird der Seide mittelst Indig- oder Berlinerblau ertheilt. Man wendet seltener die Indigküpe, als den gereinigten schwefelsauren Indig (den abgezogenen Indig; S. 551) an. Um mit Berlinerblau zu färben, taucht man das Zeug zuerst in ein Gemenge von Wasser, Raymond'scher Flüssigkeit*) und Zinnchlorür, wäscht es mit Wasser aus und zieht es durch eine siedendheisse Seifenlösung. Nach dem Auswaschen taucht man es in eine Lösung von Kaliumeisencyanür, die mit etwas Salzsäure angesäuert worden ist. Man erhöht die Schönheit der Farbe, wenn man die gefärbte Seide durch ammoniakhaltiges Wasser zieht.

Die rothe Färbung wird vorzüglich mittelst Safflor (Carthamin) und Cochenille dargestellt. Zu den feineren Farben färbt man mit Safflorabkochung erst Baumwolle, zieht diese dann mit kohlensaurem Natron aus, und schlägt den Farbstoff aus der Lösung mittelst einer Säure nieder; oder man bedient sich sogleich des *Rouge végétal* (siehe S. 545).

Gelb färbt man am häufigsten durch Wau, zu welchem man, wenn eine ins Orange ziehende Farbe erhalten werden soll, etwas Orlean setzt.

---

*) Die Raymond'sche Flüssigkeit besteht aus schwefelsaurem Eisenoxydul in Salpetersäure gelöst. Das vermittelst dieser Flüssigkeit hervorgebrachte Blau heisst Raymond's-Blau. Das Napoleonblau, viel brillanter als das Raymondblau, erhält zuerst ein Eisenbad mit Zinnsalz, nachfolgt ein mit Schwefelsäure angesäuertes Bad von Kaliumeisencyanür.

Zuweilen erzeugt man auf Seide durch die Einwirkung von Salpetersäure ein Hellgelb durch die Bildung von Pikrinsäure, das durch die Einwirkung der Alkalien dunkler wird. Um Orangegelb zu erzeugen, zieht man die Seide durch eine alkalische Orleanlösung. Zu ordinärem Grün wird erst mit Wau, Curcuma, Quercitron, Gelbholz, Fiset oder mit Pikrinsäure gelb und dann mit Indigcomposition oder Indigcarmin blau gefärbt; zu solidem Grün färbt man erst mit Blutlaugensalz blau und dann mit Gelbholz auf verschiedene Weise grün. Zu Lila wendet man Orseille, oder Blauholz und Zinnchlorid (Pensé - Physikbad) an.

Baumwollfärberei.

Baumwollfärberei. Man färbt die Baumwolle als Garn oder als Zeug, am häufigsten wohl als Garn. Sie ist weit schwerer ächt zu färben als Wolle und bedarf eine weit kräftigere Beize. Blau erzeugt man auf Baumwolle vermittelst der Vitriolküpe, Berlinerblau (Chemischblau), Campecheholz und Eisenvitriol, und einer Lösung von Kupferoxyd in Ammoniak, welche letztere beim Trocknen ein schönes Hellblau giebt. Gelb erzeugt man durch Wau, Gelbholz, Quercitronrinde, Orlean, essigsaures Eisenoxydul und Chromgelb, Grün durch Vitriolküpe und Quercitron, Braun durch Eisensalz, Quercitron und Krapp oder durch Manganoxydhydrat. Schwarz färbt man ächt, indem man zuerst in der Vitriolküpe blau grundirt, hierauf mit holzessigsaurem Eisenoxydul anbeizt und dann in einem Bade von Galläpfeln und Blauholz ausfärbt.

Bei der Baumwollrothfärberei ist der Krapp besonders wichtig. Man unterscheidet Ordinärroth und Türkischroth; ersteres wird auf ungeöltem Grunde, letzteres auf Garne oder Gewebe gefärbt, die vorher mit Oelbeizen behandelt worden sind.

Türkischrothfärberei.

Das Türkischroth (Adrianopelroth, indisch Roth), das nach dem Waschen der Stoffe noch schöner und lebhafter wird, erhält man auf folgende Weise; man unterscheidet vier Operationen

1) das Beizen des Garnes mit Oel,
2) das Galliren,
3) das Ausfärben,
4) das Schönen und Rosiren.

Das Beizen geht in dem Mistbade, einer Mischung von eigenthümlich saurem Olivenöl (Tournantöl) mit Potasche, Schafkoth und Wasser, und in dem Weiss- oder Hauptölbade, einem Gemisch von Tournantöl, Potasche und Wasser vor sich. Man lässt die Zeuge darauf an der Luft liegen, wodurch ein Theil des Tournantöles, das von der Baumwolle aufgenommen worden ist, sich verändert und dieselbe beizt oder mordancirt. Das nicht verbundene Oel wird durch Potasche- oder Sodalösung entfernt.

Das Galliren (Schmacken, Sumachen) wird mit einer Abkochung von Galläpfeln oder Sumach verrichtet; die gallirte Baumwolle in einer

mit kohlensaurem Natron neutralisirten Lösung von Alaun durchgearbeitet, getrocknet und nochmals alaunt.

Das Ausfärben oder Krappen geschieht mit einer Abkochung von Krapp, das Schönen und Rosiren, wodurch das gefärbte Garn die scharlachrothe Nüance erhält durch Erhitzen mit Seifenlösung, Zinnchlorür und Salpetersäure.

Obgleich die Türkischrothfärberei in Europa schon seit Jahrhunderten eingeführt und vielfach verbessert worden ist, so ist doch in dieser langen Zeit keine genügende Erklärung dieses Processes gegeben worden, und die Theorie derselben noch ziemlich im Dunkeln. Es ist wahrscheinlich, dass durch die Einwirkung des Kothes (der auch durch ein Gemenge von phosphorsauren Salzen mit Leim ersetzt werden kann) das Zeug eine Art von Animalisation erleidet, durch welche dasselbe die Eigenschaft erhält, schönere und glänzendere Farben anzunehmen, als wenn es nur mit mineralischen Substanzen gebeizt worden wäre. Neuere Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass das dabei in grosser Menge angewendete Oel, in Berührung mit der Luft sich zersetzt und mit der animalisirten Faser sich verbindet, vielleicht ebenso wie der Thran mit der thierischen Faser in der Sämischgerberei. Persoz ist der Ansicht, dass das Oel die Hauptrolle bei der Türkischrothfärberei spiele und hält das Alaunen dabei für etwas Ueberflüssiges. Trotzdem möchte es scheinen, als wenn eine Verbindung von ölsaurer und gerbsaurer Thonerde die Fixirung der Krappfarbstoffe auf der gewissermassen gegerbten animalisirten Baumwollfaser begünstige.

Das Färben der leinenen Zeuge geschieht ähnlich wie bei der Baumwolle, doch ist in Folge der eigenthümlichen Beschaffenheit der Leinfaser die Verwandtschaft derselben zu Farbstoffen weit geringer als die der Baumwollenfaser. (Vergl. Flachsbaumwolle Seite 367).

## Die Zeug - oder Kattundruckerei.

Zeugdruckerei. Die Zeug- oder Kattundruckerei hat zum Zweck, auf Wollen-, Seiden-, Baumwollen- und Leinenstoffen farbige Muster hervorzubringen. Die in derselben angewendeten Farben zerfallen in zwei Abtheilungen, nämlich in solche, die vermittelst gravirter Platten direct auf das Zeug aufgetragen werden (Applications-, Schilder- oder Tafeldruckfarben), und solche, die man durch Eintauchen des Zeuges in die Farbenbrühe hervorbringt. Zu den ersteren gehören die Eisenfarben, das Berlinerblau, der Krapplack, der Indig und die Cochenille, zu den letzteren der Krapp, die Cochenille, das Blauholz, das chromsaure Bleioxyd, der Wau, der Sumach u. s. w. Es giebt verschiedene Arten, die Zeuge zu bedrucken. Entweder man bringt

1) die hinlänglich mit einem Verdickungsmittel und der Beize vermischte Farbe auf das Zeug, oder man trägt

2) nur die verdickte Beize auf diejenigen Stellen des Zeuges auf, die Farbe erhalten sollen und zieht darauf das Zeug durch die Farbenbrühe; oder man färbt

3) das ganze Zeug, mit Ausnahme derjenigen Stellen, die eine andere Farbe erhalten sollen; diese Stellen werden mit einer Substanz (Reservage) bedeckt, die zu dem Farbstoff der Flotte keine Verwandtschaft hat;

4) endlich kann man farbige Muster dadurch erhalten, dass man das Zeug gleichmässig färbt und dann auf denjenigen Stellen, die anders gefärbt werden sollen, die Farbe wieder wegnimmt; zu diesem Behufe wendet man chemisch wirkende Substanzen, Aetzbeizen, Aetzmittel, Enlevagen an.

Bei vielen Farben bedarf es der Einwirkung der Wasserdämpfe zur Befestigung der Farben; man nennt solche Farben Dampffarben.

Beizen. In der Zeugdruckerei wendet man leicht lösliche Beizen (*Mordants*) an, deren Säure sich leicht von der Base trennt, so dass letztere mit der Faser eine Verbindung eingehen kann. Meist wendet man als Beize essigsaure Thonerde (vergl. Seite 165) und essigsaures Eisenoxyd an. Seltener findet der Alaun oder eine Auflösung von Thonerde in Kali (thonsaures Kali) Anwendung. Um chromsaures Bleioxyd zu erzeugen, wendet man als Beize essigsaures Bleioxyd an; ebenso wendet man bisweilen Zinnchlorür als Beize an. In neuerer Zeit hat Broquette die Anwendung des Caseïns in seiner Verbindung mit Kalk als Beize (*Mordant organique*) vorgeschlagen. Zu diesem Behufe löst man Caseïn (frischen Quark) in verdünntem Ammoniak auf und vermischt mit dieser Lösung frischen Kalkbrei. Mit der entstehenden Flüssigkeit (Caseïn-Kalk) tränkt man das zu färbende Zeug. Durch Erwärmen wird die Verbindung unlöslich und der Stoff ist so vollständig gebeizt, dass derselbe dem Waschen mit alkalischen Flüssigkeiten widersteht. Um die Steifigkeit und Härte des Zeuges zu verhindern, die bei der Anwendung des Caseïn-Kalkes als Beizmittel entsteht, schlägt Broquette vor, die Verbindung vor der Anwendung mit Tournantöl zu vermischen, und sie dann erst auf das Zeug aufzutragen. Baumwollenes Zeug verhält sich darauf wie Wolle und ist befähigt, dieselben Farben aufzunehmen. Versuche müssen lehren, in wie weit der Caseïn-Kalk (*Caseogomme*) andere Beizen zu ersetzen vermag.

Verdickungsmittel. Man giebt den Beizen und Farben vor dem Auftragen eine dickliche Consistenz. Als Verdickungsmittel wendet man Senegalgummi, Tragant, Stärke, Leiokom, Dextrin, Salep, Mehl, Kleber, Pfeifenthon mit Senegalgummi, Leim, schwefelsaures Bleioxyd, Zucker, Melasse an. Von der Beschaffenheit des Verdickungsmittels ist die Güte der Farbe abhängig. Am häufigsten wendet man jetzt die geröstete Stärke oder das Leiokom (vergl. Seite 388), seltener aber Eiweiss an. Bei der Wahl des Verdickungsmittels ist zu berücksichtigen, dass bei sehr sauren Beizen

Stärke nicht angewendet werden kann, weil sie durch die Säure ihre Consistenz verliert, dass bei gewissen Metalllösungen wie z. B. basisch essigsaurem Bleioxyde, Zinnlösung, salpetersaurem Eisen- und Kupferoxyd, welche mit Gummi coaguliren, Gummi zum Verdicken nicht benutzt werden darf.

Reservagen. Wie schon erwähnt, trägt man gewisse Substanzen vor dem Färben des Zeuges an denjenigen Stellen auf, die weiss bleiben sollen. Man nennt solche Substanzen Reservagen, Deckmittel, Deckpappen. Gewöhnlich ist die Reservage ein Gemisch, das die Bestimmung hat, das Indigblau zu verhindern, in aufgelöster Form an gewissen Stellen auf das Zeug einzuwirken, so dass dasselbe an den Stellen, wo die Reservage liegt, weiss bleibt, oder mindestens, vor der Berührung mit dem Zeug in das Indigblau, mithin in unlösliche Form übergehe. Die Reservagen sind zusammengesetzt aus teiggebenden Substanzen, wie Pfeifenthon, Fett, Oel, schwefelsaurem Bleioxyd, und aus Körpern, die leicht Sauerstoff abgeben, wie schwefelsaures oder essigsaures Kupferoxyd oder ein Gemenge von Kali und rothem Blutlaugensalz. Häufig setzt man zu den Reservagen zugleich eine Beize für gewisse andere Farben (Thon- oder Eisenbeize), um die Stellen, welche durch die Reservage in der Küpe weiss bleiben, darauf in einer anderen Farbenbrühe (von Krapp und Quercitron) auszufärben. Man nennt diese Art von Druckerei Lapis, in Folge einer entfernten Aehnlichkeit, welche einige dieser Muster mit dem Lasurstein (*Lapis lazuli*) haben. Die sogenannte weisse Reservage für Walzendruck besteht z. B. aus Grünspan, schwefelsaurem Kupferoxyd, essigsaurem Bleioxyd, welche Substanzen mit Gummi- oder Dextrinlösung verdickt und dann auf die Zeuge aufgetragen werden. Den Tag darauf zieht man sie durch die Indigküpe, bis sie den erforderlichen Grad von Intensität erlangt haben. Zuletzt zieht man sie durch ein Bad von verdünnter Schwefelsäure, bis die Reservage weiss ist. Der Vorgang hierbei ist folgender: So wie der reducirte Indig mit dem Kupferoxyd in Berührung kommt, verwandelt er sich auf Kosten des Sauerstoffs des Kupferoxydes in Indigblau, das sich unlöslich in der Reservage niederschlägt. Das Behandeln mit verdünnter Schwefelsäure hat zum Zweck, das in der Reservage befindliche Kupferoxydulhydrat wegzunehmen und das unlösliche Indigblau auszuwaschen.

Aetzmittel. Die Aetzmittel (Aetzpappen, Enlevagen) haben die Bestimmung, auf bereits gefärbten Zeugen auf chemischem Wege weisse Stellen hervorzubringen; dies geschieht entweder durch Auflösen der Beizen oder durch Zerstören der Farben. Um das erstere zu bewerkstelligen, bedient man sich einer Säure, die sich mit der Base verbindet; um Farben zu zerstören, wendet man Chlorkalk, Chromsäure, ein Gemenge von Kali und rothem Blutlaugensalz, Salpetersäure, die Sauerstoff abgebend (oxydirend) wirken, oder Zinnchlorür, Eisenalaun, Eisenvitriol, welche Sauerstoff aufnehmend (reducirend) wirken, an. Eine der am häufigsten

Säuren. angewendeten sauren Aetzbeizen ist die Citronensäure, die besonders zum Auflösen der Thonerde und des Eisenoxydes der Beize angewendet wird. Bisweilen wird sie mit zweifach schwefelsaurem Kali vermischt angewandt. Ausserdem wendet man als saure Aetzmittel an Oxalsäure, Weinsäure, Milchsäure, Zuckersäure, Zinkchlorid, eine Mischung von Kochsalz mit Salpetersäure u. s. w. Ein roth- oder blaugefärbtes Zeug, das an den zu bleichenden Stellen mit einem Gemenge von Weinsäure, Pfeifenthon und Gummi bedeckt worden ist, verliert sogleich an den bedruckten Stellen seine Farbe, wenn es in ein Bad von Chlorkalk getaucht wird.

Oxydirende Mittel. Das Wegbeizen des Indigblau's durch oxydirende Mittel beruht darauf, dass das im Wasser unlösliche Indigblau durch Sauerstoffaufnahme in Isatin übergeht, welches löslich ist und leicht durch Waschen mit Wasser entfernt werden kann:

$$\underbrace{C_{16}\,H_5\,NO_2}_{\text{Indigblau.}} + 2\,O = \underbrace{C_{16}\,H_5\,NO_4}_{\text{Isatin.}}$$

Man wendet zur Zerstörung des Indigblaus Chromsäure an, die unter Sauerstoffabgabe zu Chromoxyd reducirt wird. In der neueren Zeit hat Mercer vorgeschlagen, zum Bleichen des Indigs in der Zeugdruckerei ein Gemenge von Kali und rothem Blutlaugensalz (Ferridcyankalium) anzuwenden. Zu diesem Zwecke tränkt man das in der Indigküpe blaugefärbte Zeug mit einer Lösung von rothem Blutlaugensalz, und druckt dann mit Leiokom verdicktes Aetzkali auf. Durch das Kali wird das rothe Blutlaugensalz (Ferridcyankalium) in gelbes (Ferrocyankalium) verwandelt und das Indigblau durch den dabei freiwerdenden Sauerstoff in Isatin übergeführt:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Ferridcyankalium} & 2\,(2\,Cfy,\,K_3)\\ \text{Kali} & 2\,KO\\ \text{Indigblau} & C_{16}\,H_5\,N\,O_2\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{ll}\text{Ferrocyankalium} & 4\,(Cfy,\,K_2)\\ \text{Isatin} & C_{16}\,H_5\,N\,O_4.\end{array}\right.$$

Reducirende Mittel. Von den reducirenden Aetzmitteln ist das wichtigste das Zinnchlorür, das bei mit Eisenoxyd gefärbten Zeugen Anwendung findet. Bringt man Zinnchlorür mit Eisenoxyd zusammen, so bildet sich leicht lösliches Eisenchlorür, das durch Waschen entfernt wird, und unlösliche Zinnsäure (richtiges Zinnoxydul-Oxyd), die für Roth und Gelb als Beize dient.

Baumwollendruckerei. Baumwollendruckerei. Der Druck auf Baumwolle kann geschehen 1) durch Ausfärben, 2) durch Tafeldruck, oder 3) durch Aetzdruck.

Bei dem Ausfärben trägt man die mit einem Verdickungsmittel verdickte Beize, zu welcher man gewöhnlich ein wenig Farbebrühe (Blende) gesetzt hat, um sie aufgedruckt zu erkennen, vermittelst Dessinformen (Model, Druckmodel) oder vermittelst gravirter Platten oder Walzen auf. Zum Handdruck wendet man einen Drucktisch an, der mit wollenem Zeug, dem Drucktuch, überzogen ist. Auf diesen Tisch wird das Zeug ausge-

breitet und auf letzteres mit Druckformen die Beize aufgedruckt. Die Druckformen sind entweder von Holz (Birnbaumholz, Buxbaumholz, Tannenholz) oder bestehen aus Metallstiften und Figuren, die in dem Holz der Form befestigt sind. Damit die Beizen gleichförmig aufgetragen werden, wendet man einen Rahmen (das Chassis), auf welchem man ein Stück weisses Tuch nagelt, und einen Bottich mit der sogenannten falschen Farbe an, der zur Hälfte mit einer dicken Gummilösung oder mit Leinsamenschleim angefüllt ist. Auf dieser Flüssigkeit schwimmt ein mit Wachstuch überspannter Rahmen, der vorher mit Fett überzogen worden ist. Man trägt nun die Beize mittelst einer Bürste oder eines Pinsels auf den Rahmen (das Chassis) auf. Auf dieses setzt der Drucker die Form, so dass die erhabenen Stellen Beize aufnehmen, bringt sie dann auf das auf dem Drucktische befindliche Zeug und schlägt mit der Faust oder mit einem hölzernen Hammer auf die Rückseite der Form, damit sich alle Theile der Form vollständig abdrucken. Werden mehrere Beizen auf einmal mittelst besonderen Bürsten auf den Rahmen aufgetragen und dann auf das Zeug gedruckt, so erreicht man die mannigfaltigsten Nüancen (den Irisdruck oder Fondudruck).

Um das Verfahren beim Druck zu beschleunigen, hat man verschiedene Maschinen in Anwendung gebracht, unter denen die von Perrot in Rouen im Jahre 1833 erfundene (die Perrotine) die gebräuchlichste ist; diese Maschine arbeitet mit 3—4 hölzernen Platten, welche die Beizen oder Farben erhalten und sie durch solche auf das Zeug abdrucken. Anstatt der Druckplatten wendet man seit längerer Zeit sehr häufig Platten oder Walzen an. Bei den Walzendruckmaschinen ist das Muster in einen kupfernen Cylinder eingravirt, der durch die Maschine umgedreht wird. Unter demselben befindet sich eine hölzerne mit Tuch überzogene Walze, die zum Theil in die Farbe taucht und den Cylinder mit Farbe speist. Dicht dabei ist ein Abstreichmesser (der Doctor oder Rakel), das von den erhabenen Stellen des Cylinders die überflüssige Farbe entfernt, und sie nur in den Vertiefungen, welche das Dessin darstellen, lässt.

Nach beendigtem Aufdruck der Beizen ist es nothwendig, das Zeug einige Zeit lang ruhen zu lassen, ehe man zum Ausfärben schreitet. Es ist dies namentlich bei Thonerde- und Eisenbeizen nothwendig, damit eine innige Verbindung der Beize mit dem Zeug sattfinden kann. Nach dem Trocknen und Ruhen der Beizen muss das Zeug vor dem Ausfärben von dem Verdickungsmittel, der zum Erkennen angewendeten Blende, hauptsächlich aber von dem unverbundenen Theile der Beize befreit werden. Bei Zeugen aber, die in Krapp ausgefärbt werden sollen, ist die Reinigung der Zeuge im Kühkothbade (das Kühkothen) nothwendig. Gewöhnlich setzt man etwas Kreide zu, um die Essigsäure der Beizen zu sättigen. Obgleich eine genügende Theorie der Wirkung des Kuhkothes noch nicht aufgestellt ist, so sind doch alle Kattundrucker darüber einig, dass seine Anwendung unerlässlich ist. Nach Mercer und Blyth lässt sich der

Kuhkoth durch phosphorsaure und arsensaure Erden ersetzen; diese Chemiker schlagen vor, ein Gemenge von phosphorsaurem Natron und phosphorsaurem Kalk anzuwenden. Neuerdings hat man auch kieselsaures Natron als Kuhkothsalz anzuwenden vorgeschlagen. Nach dem Behandeln im Kuhkothbad wird das gebeizte Zeug gewaschen und alsdann ausgefärbt. Leicht lösliche Farbstoffe werden in Auflösung angewendet, dies ist der Fall bei der Cochenille, dem Quercitron, dem Wau, dem Safflor u. s. w.; andere, die sich nur schwer in Wasser lösen, wie die Farbstoffe des Krapps, werden ungekleinert als Krapp oder Garancine in das Färbebad gebracht. Wenn verschiedene Beizen aufgedruckt worden sind, so versteht es sich von selbst, dass mit einem einzigen Färbebad verschiedene Farben erhalten werden können. So kann man mit Krapp roth in allen Abstufungen, schwarz, braun und violett färben, wenn Thonerde- und Eisenbeize, und ein Gemenge beider aufgedruckt wurde. Da die Farbe nur an denjenigen Stellen haftet, an welchen sich Beize befindet, so kann der Farbstoff von dem übrigen Zeug leicht entfernt werden. Letzteres geschieht durch Waschen, Behandeln mit Kleie und Seife, und Auslegen auf den Rasen. Bei mit Krapp gefärbten Zeugen bleicht man mit einer Lösung von Chlorkalk oder mit *Eau de Javelle* (siehe Seite 83). Einzelne Farben, denen, so wie sie aus dem Färbebade kommen, der Glanz und die Nüance abgeht, werden geschönt (avivirt). Bei dem Türkischroth geschieht dies durch längere Zeit fortgesetztes Sieden mit einer Lösung von Seife und Zinnchlorid.

Tafelfarben. Das Verfahren, eingedickte Beizen und Farben gemeinschaftlich aufzutragen, nennt man Tafeldruck, und die dazu angewendeten Farben Applications- oder Tafelfarben (topische Farben). Die Verbindung dieser Farben mit der Faser ist nicht vollkommen, deshalb sind die damit erzeugten Muster meist nicht ächt, d. h. können durch Wasser hinweggenommen werden. Durch Behandeln der gefärbten Zeuge mit heissem Wasserdampf werden aber viele Tafelfarben auf Baumwollgeweben fixirt und heller gemacht. Die so erzeugten Farben heissen Dampffarben; ihre Herstellung spielt eine wichtige Rolle im Zeugdruck. Zu diesem Zwecke lässt man die bedruckten Zeuge 2—3 Tage lang trocknen und spannt sie sodann in einem Raume auf, der durch heisse Wasserdämpfe bis auf 100° erhitzt ist. Die Dauer der Operation des Fixirens durch Dampf ist von der Temperatur und der Natur des Dessins abhängig; sie variirt zwischen 20—45 Minuten. Auf welche Weise der Dampf die Befestigung der Farben bewirkt, ist nicht genau bekannt. Nach Chevreul soll sie auf dieselbe Weise wie das Kochen der Nahrungsmittel vor sich gehen, welche durch eine bestimmte Temperatur ebenfalls eine gewisse Veränderung erleiden. Um blau zu erhalten, trägt man Opermentküpe (vergl. Seite 560) mit kohlensaurem Natron und Gummipulver verdickt auf, und wäscht das Zeug 24 Stunden nach dem Auftragen der Farbe aus. Gelb wird auf die bekannte Weise durch

Tränken mit essigsaurem Bleioxyd und Ziehen durch eine Lösung von zweifach chromsaurem Kali dargestellt. Zu Grün nimmt man eine Mischung von chromsaurem Bleioxyd und Berlinerblau.

Aetzdruck. Bei dem Aetzdruck sucht man, wie schon erwähnt, durch Aetzmittel an gewissen Stellen des Zeuges die Farbe wegzunehmen. Die Operation, vermittelst welcher die ganze Oberfläche des Stückes mit Beize bedeckt wird, heisst das Klotzen oder Grundiren. Dies geschieht, indem man das Zeug mit einer Lösung der Beize imprägnirt und dann durch zwei mit Tuch umwickelte Walzen durchlaufen lässt, wodurch theils das Zeug gleichmässig mit der Beize getränkt, theils von dem Ueberschuss derselben befreit wird. Nachdem die Beize aufgetragen worden ist, wird das Zeug getrocknet. Während die aufgedruckten Aetzbeizen den Zweck haben, das mordancirte Zeug stellenweise von der Beize zu befreien, damit es an diesen Stellen beim Ausfärben keine Farbe annehme, wirken die Enlevagen zerstörend auf die Farbe selbst. Säuren, wie Oxalsäure, Citronensäure, Weinsäure gehören demnach zu den Aetzbeizen, Chlorkalk unter Mitwirkung einer Säure zu den Enlevagen. Für Thonerde- und Eisenbasen bedient man sich folgender Aetzbeizen: für Eisenbasen einer Lösung von Oxalsäure und Weinsäure in Wasser, zu welcher man Citronensaft und gebrannte Stärke und Dextrin als Verdickungsmittel und etwas Lösung von Indig in Schwefelsäure zum Blenden der Aetzbeize setzt; bei Thonerdebasen einer Lösung von zweifach oxalsaurem Kali (Sauerkleesalz), Weinstein, Weinsäure und Glaubersalz in Wasser, zu welcher man Kleister als Verdickungsmittel setzt. Der Zweck des Aetzens ist aber nicht allein, die Farben zu zerstören oder weisse Stellen zu erzeugen, sondern auch, bunte andersgefärbte Stellen auf dem gefärbten Zeug hervorzubringen. Letzteres geschieht, indem man zu dem Aetzmittel Farbe setzt; diese Farben müssen, wenn als Aetzmittel Enlevagen von Chlor angewendet werden, unorganische, wie salpetersaures Bleioxyd, Berlinerblau u. s. w., sein. Um auf einem einfarbigen Grund gefärbte Aetzungen hervorzubringen, bedient man sich z. B. bei türkischroth gefärbten Zeugen folgenden Verfahrens: Um weiss zu erhalten, trägt man eine Aetzbeize, bestehend aus Weinsäure, Wasser, arabischem Gummi und gerösteter Stärke auf, für blau ein Gemenge von Weinsäure, Berlinerblau, Zinnsalz, Stärke und Wasser, für gelb salpetersaures Bleioxyd, Weinsäure, Stärke und Wasser, für grün ein Gemenge von Gelb und Blau, für schwarz eine mit salpetersaurem Eisenoxyd versetzte concentrirte Abkochung von Blauholz. Wenn man die mit diesen verschiedenen Beizen bedruckten Zeuge durch eine Lösung von Chlorkalk oder *Eau de Javelle* zieht, so wird an den bedruckten Stellen die Farbe des Grundes zerstört, und es nimmt die Farbe der Beize die Stelle derselben ein. Zur Zerstörung der Grundfarbe wendet man auch Chromsäure an, die, indem sie zu Chromoxyd reducirt wird, zur Hervorbringung von braunen Nüancen Anwendung findet.

Appretur der bedruckten Zeuge. Nachdem die Zeuge bedruckt worden sind, beendigt man die Arbeit durch die Appretur, die darin besteht, dieselben mittelst einer Stärkelösung zu tränken, wodurch die Zeuge mehr Festigkeit erhalten, sie darauf zu trocknen, zusammenzulegen und zu pressen. Bei der Appretur der Möbelkattune setzt man der Stärkelösung weisses Wachs zu. Um gedruckten Mousselinen den beliebten sammetähnlichen Angriff zu geben, setzt man der Stärke während des Kochens mit Wasser, eine kleine Menge Wallrath zu.

Das Bedrucken von Leinwand. Das Bedrucken von Leinwand beschränkt sich auf die Darstellung indigblauer Farbentücher mit hellblauen oder weissen Figuren und ähnlicher einfacher Artikel.

Wolldruckerei. Bei dem Wollzeugdruck wendet man vorzugsweise den Tafeldruck und den Druck auf vorher mit einem Physikbade behandelte Zeuge an. Die Fixirung der Farben geschieht mittelst Dampf. Man unterscheidet ausserdem bei der Wolldruckerei 1) die Golgasdruckerei und 2) die Berilldruckerei. Bei der ersteren, die jetzt nur noch selten angewendet wird, beizt man den Golgas, ein leichtes flanellartiges Gewebe, mit Alaun und Weinstein, und presst denselben darauf zwischen hölzernen Formen (Golgasformen), die nur so weit durchbrochen sind, als die Farbe hindurch und in das Zeug eindringen soll, daher zu jedem Stück Zeug zwei Formplatten erforderlich sind. Die Farbenbrühen werden durch die Oeffnungen der Form eingegossen. Bei der Berilldruckerei druckt man die mit Stärke verdickten Tafelfarben mittelst messingener Formen auf leichte Flanelle heiss auf und entfernt das Verdickungsmittel nicht. Man erhält so farbige erhabene Muster.

Seidendruckerei. Das Verfahren bei der Seidendruckerei ist im Allgemeinen dasselbe wie bei der Baumwollendruckerei Entweder druckt man Tafelfarben auf, die man mit Wasserdämpfen befestigt, oder man druckt verschiedene Beizen auf und färbt dann in der Farbenbrühe aus. Eine eigenthümliche Art der Seidendruckerei gründet sich auf die Eigenschaft der Salpetersäure, seidene und wollene Stoffe dauernd gelb zu färben, die meisten Farbstoffe zu zerstören, auf Harze und Fette aber erst nach längerer Zeit einzuwirken. Man nennt diese Art der Druckerei

Mandarins. Mandarinage und die auf diese Weise bedruckten Zeuge Mandarins. Um mit Salpetersäure auf mit Indig gefärbtem Grund gelb zu ätzen, druckt man auf das seidene Zeug eine Reservage aus Terpentin, Cholophonium, Talg und Wachs auf, taucht es sodann 2—3 Minuten lang in ein bis auf 50° erwärmtes saures Bad aus 1 Th. Wasser und 2 Th. Salpetersäure und bringt es darauf in fliessendes Wasser. Nach dieser Operation lässt man das Zeug in einer mit Potasche versetzten Seifenlösung sieden. Die nicht reservirten Stellen sind schön gelb. —

Bandanos. Bei dem Bandanosdruck, durch welchen man auf ächt krapproth gefärbten Taschentüchern weissgeätzte Figuren erzeugt, werden

die Stoffe ähnlich wie bei dem Golgasdruck zwischen zwei bleierne, mit Ausschnitten versehene Platten gepresst. Eine mit etwas Schwefelsäure versetzte Lösung von Chlorkalk dringt an jenen Stellen in das Zeug ein, welche den Ausschnitten entsprechen und nimmt daselbst das Roth hinweg. Auf gleiche Weise werden die geätzten Stellen z. B. gelb gefärbt, indem man eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd und sodann eine Lösung von chromsaurem Kali hindurchtreibt.

# VI. Der Verbrennungsprocess.

## Die Beleuchtung.

Beleuchtung. Allgemeines. Im Gegensatze zu demjenigen Lichte, das wir von der Sonne und den Sternen erhalten, unterscheidet man durch künstliche Mittel hervorgebrachtes dauerndes Licht. Bei allen Feuererscheinungen in der Natur, die man mit dem allgemeinen Namen der Verbrennung zusammenfasst, spielt die atmosphärische Luft eine grosse Rolle. Bekanntlich ist die atmosphärische Luft ein Gasgemenge, wesentlich bestehend aus 21 Th. Sauerstoff und 79 Th. Stickstoff; einige andere, in der Luft befindliche Substanzen wie Kohlensäure, Wasserdampf und Ammoniak kommen hier nicht in Betracht. Die Rolle des Stickstoffs in der atmosphärischen Luft, so weit dieselbe als Bedingung zur Verbrennung in Betracht kommt, ist eine durchaus negative; dieser Stoff dient nur dazu, die Eigenschaften des Sauerstoffs zu schwächen, oder mit anderen Worten, den Sauerstoff zu verdünnen. Der Sauerstoff verbindet sich mit allen einfachen Körpern, ausgenommen mit Fluor, und bildet mit denselben oxydirte Körper (Oxyde). Diese Verbindung geht entweder unter Wärmeentwickelung allein oder unter Entwickelung von Wärme und Licht vor sich. Der uns hier beschäftigende Fall ist der letztere. Von der grossen Anzahl von Körpern, die sich mit dem Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwickelung verbinden können, sind es nur wenige, die geeignet sind, als Beleuchtungsmittel angewendet zu werden.

Die wesentlichen Bedingungen, unter welchen ein Körper als Beleuchtungsmittel angewendet werden kann, sind:

1) dass der Körper beim Verbrennen hinreichende Wärme entwickele, um fortbrennen zu können;
2) dass derselbe in der Natur verbreitet und um billigen Preis zu erlangen sei;
3) dass die Producte der Verbrennung ohne nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit und das Leben der Geschöpfe seien.

Der Körper, der diese Bedingungen am besten erfüllt, ist eine Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff, der Kohlenwasserstoff. Dieser Körper ist in allen Substanzen enthalten, die wir als Leuchtmaterialien anwenden, sie mögen fest wie Talg, Paraffin oder Wachs, flüssig wie Oel, Photogen und Camphin, oder gasförmig wie das bekannte Leuchtgas sein.

Flamme. Jeder flüssige oder feste Körper, der sich bei der Temperatur verflüchtigt, die geringer als die zur Verbrennung nothwendige ist, kann natürlicherweise nur als Gas verbrennen. Die dabei zu bemerkende Lichterscheinung nennt man Flamme*). Dieselbe erlangt ihre bekannte Form durch den Druck der sie umgebenden Luft, indem letztere als gasförmiger und durch die Wärme leichter gewordener Körper verdrängt und zum Aufsteigen gezwungen wird. Das Leuchtmaterial wird, wenn es aus geschmolzenem Talg, Wachs oder aus Oel besteht, in den feinen Zwischenräumen des Dochtes wie von Harröhrchen in die Höhe gezogen und in der Nähe der Flamme zersetzt, wobei hauptsächlich Kohlenwasserstoff entsteht. Der Beginn der Zersetzung wird durch das Anzünden bewirkt, dann setzt sich die Zersetzung durch die beim Verbrennen der Gase entstehende Wärme von selbst fort. In einer Kerzen- oder Oelflamme kann man folgende Theile unterscheiden: 1) einen dunkeln kegelförmigen Kern im Innern *a* (Fig. 139) mit seiner Basis unmittelbar über dem Dochte, 2) einen hellblauen Theil der Flamme *b b* am Dochte und an den Seiten desselben, 3) einen sehr hellleuchtenden weissen Theil *c*, welcher den dunkeln Kegel *a* umgiebt und sich über ihn emporhebt und zuspitzt. In dem dunkeln Kegel *a* bilden sich die durch Zersetzung entstandenen Dämpfe, welche aber erst bei *b b* zu verbrennen anfangen, da die atmosphärische Luft nicht tiefer eindringen kann. Die hohe Temperatur bei *b* zerlegt das ölbildende Gas (CH) in das bekannte Grubengas, Sumpfgas oder Kohlenwasserstoffgas in *minimo* ($CH_2$) und in freien Kohlenstoff, denn

Fig. 139.




$$2\ CH = CH_2 + C.$$

Der frei gewordene Kohlenstoff wird in dem brennenden Grubengase glühend und ist die Ursache des Leuchtens; er wird darauf durch das nachströmende Gas in die Höhe geführt und verbrennt in der äusseren Schicht der Flamme vollständig. In dieser Schicht ist die Hitze am stärksten, da alle bisher der Verbrennung entzogenen Substanzen hier verbrennen und vollständig oxydirt werden. Bringt man einen Eisendraht durch die Flamme, so wird derselbe wohl an den Rändern der Flamme, nicht aber in der Mitte glühend. In Folge des Kohlengehaltes in *b* wirkt

*) Neuerdings erschienene Untersuchungen über die Lichtflamme sind die von O. Volger, Poggend. Annal. LXXII p. 82 und Hilgard, Annal der Chem. u. Pharm. LCII. p. 129.

dieser Theil der Flamme reducirend oder desoxydirend, der sauerstoffreichere Theil bei *c* aber oxydirend. Aus Vorstehendem geht hervor, dass die eigentliche Flamme nur ein leuchtender Ueberzug über den dunkeln Kern ist. Das Leuchtvermögen rührt demnach davon her, dass sich in dem leuchtenden Theile der Flamme Kohle ausscheidet, die weissglühend wird und allmälig verbrennt. Die Erfahrung hat gelehrt, dass nur diejenigen Substanzen mit leuchtender aber nicht russender Flamme brennen, die auf 6 Gewichtstheile Kohlenstoff 1 Gewichtstheil Wasserstoff enthalten. Camphin verbrennt mit russender Flamme, weil es auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff $6\frac{1}{2}$ Gewichtstheile Kohlenstoff enthält. Soll der halbe Theil Kohlenstoff, der sich als Russ ausscheidet, verbrennen, so kann dies nur dadurch geschehen, dass der Flamme mehr Sauerstoff zugeführt wird, als es durch umgebende ruhige atmosphärische Luft der Fall ist. Dies geschieht durch vermehrten Zug, bei unseren Lampen durch Aufsetzen eines Cylinderglases. Photogen und Benzol enthalten auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 12 Gewichtstheile Kohlenstoff, daraus erklärt sich die blendendweisse Flamme, wenn diese Flüssigkeiten bei gehörigem Luftzuge verbrennt werden, aber auch die beträchtliche Russabscheidung, wenn es an Luft fehlt. Flammen, die keine Kohle ausscheiden, wie z. B. die des Weingeistes und des Grubengases, brennen wenig leuchtend; wohl tritt aber das Leuchten dieser Flamme hervor, wenn man feste Körper, wie Asbest, Zinkoxyd u. s. w., in dieselben bringt. Ebenso wird die Flamme verstärkt, wenn man dieselbe auf ein Stück Kalk brennen lässt, weshalb man dieses Verfahren zu Leuchtsignalen (Siderallicht, Drumond's Licht) anwendet.

Die Beleuchtung findet statt:

I. vermittelst fester Substanzen, wie des Talgs, Stearins, Wallraths, Paraffins und Wachses;

II. vermittelst flüssiger Substanzen, wie der Pflanzenöle (Rapsöl, Olivenöl), gewisse ätherische Oele (Camphin d. i. gereinigtes Terpentinöl) und den durch trockene Destillation von Mineralbrennstoffen erhaltenen, wesentlich aus Benzol bestehenden Flüssigkeiten (Photogen, Mineralöl, Hydrocarbür);

III. vermittelst gasförmiger Substanzen, wie des Leuchtgases.

Letztere Art der Beleuchtung geht zum Unterschiede von den vermittelst fester und flüssiger Substanzen ohne Docht in besonderen Gasbrennern vor sich. An diese Art der Beleuchtung schliessen sich an: die Beleuchtung durch das Sideral- und durch das elektrische Licht.

Beleuchtung durch feste Substanzen.

I. Beleuchtung vermittelst fester Substanzen. Sehen wir von den Kienspänen ab, deren man sich in armen Gegenden zur Beleuchtung bedient, so ist die Kerze oder das sogenannte Licht die einzige Form, unter welcher man feste Substanzen zur Beleuchtung verwendet. Die Kerze besteht aus dem cylindrisch

Kerzen.

geformten Beleuchtungsmaterial (Talg, Stearinsäure, Paraffin, Wallrath, Wachs), in dessen Mitte sich der aus baumwollenen Fäden gedrehte Docht befindet. Wenn gleich die Verbrennung, welche hierbei stattfindet, dieselben Erscheinungen, wie die oben angegebenen, zeigt, so sind doch die Umstände, unter denen die Verbrennung fortdauert, von denen der Oel- und Gasflamme verschieden. Stellen wir uns z. B. eine Stearinkerze vor, so werden nach dem Anzünden des Dochtes die demselben zunächst liegenden Theile geschmolzen werden, und es bildet sich um den Docht herum eine mit geschmolzenem Stearin angefüllte Vertiefung, während der Rand der Kerze längere Zeit stehen bleibt und erst nach und nach schmilzt. Das geschmolzene Stearin steigt in dem Dochte durch Capillarität in die Höhe und zersetzt sich in dem Maasse, als es sich der Flamme nähert. Während man bei der Oel- und Gasbeleuchtung eines Luftstromes bedarf, kommt bei der Beleuchtung vermittelst fester Substanzen keine andere Luft in Betracht, als die die Flamme umgebende. Daraus folgt die Nothwendigkeit, dass die Stärke des Dochtes im richtigen Verhältnisse zum Durchmesser der Kerze stehe.

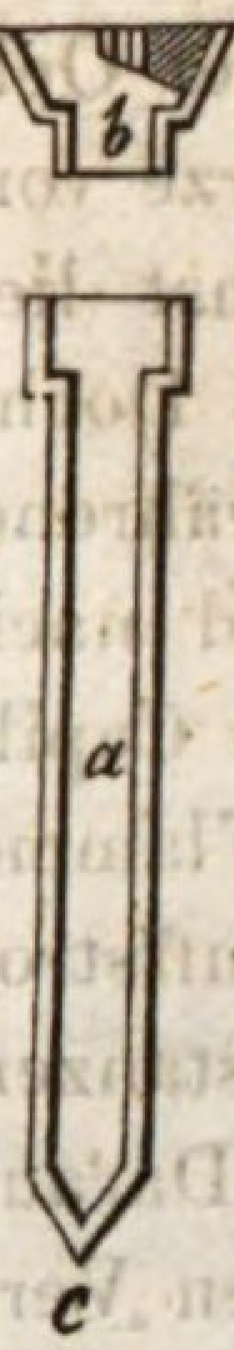
Talgkerzen. Zur Fabrikation der Talgkerzen (Unschlittlichter) wendet man gewöhnlich ein Gemenge von Hammel- und Rindstalg an. Rindstalg allein würde zu weich sein. Der rohe Talg*) wird zerschnitten oder zerstampft, dann vorsichtig geschmolzen und die geschmolzene Masse durch einen Durchschlag oder durch Leinwand gegossen, und auf diese Weise von den Häuten getrennt. Der so erhaltene Talg wird am besten im Wasserbade mit Wasser erhitzt, stark umgerührt und nach dem Absetzenlassen vom Wasser durch Ablassen getrennt. Einige Lichtfabrikanten setzen zu dem Wasser, das zur Reinigung des Talges angewendet wird, Alaun, Kochsalz oder *Cremor tartari*. Das in den Membranen zurückbleibende Fett wird sehr zweckmässig zur Seifenfabrikation angewendet. — Der Docht wird aus baumwollenem Garn theils zusammengedreht, theils geflochten. Die Fabrikation desselben ist für die Darstellung von Kerzen von grosser Wichtigkeit. Die Talgkerzen werden entweder gegossen oder gezogen.

Gegossene Talgkerzen. Zur Fabrikation der gegossenen Talgkerzen benutzt man metallene Formen, die aus einem Metallgemisch von 1 Th. Zinn und 2 Th. Blei bestehen. Eine solche Form besteht aus zwei Theilen, der eigentlichen Kerzenform, die aus einem hohlen, an beiden Enden offenen Cylinder *a* (Fig. 140 siehe nächste Seite), dessen innere Fläche polirt ist, und einer Kapsel *b* zusammengesetzt ist, die zum Eingiessen des flüssigen Talges, zum Befestigen des Dochtes und endlich nach dem Erkalten zum Herausnehmen der Kerze aus der Form dient. Zwölf oder noch mehrere solcher Formen werden vertical neben einander

*) Ueber das Ausschmelzen und Läutern des Talges siehe Wagner's Jahresbericht 1855 p. 390; 1856 p. 382.

auf den sogenannten Giesstisch gestellt und die Dochte mittelst eines hakenförmig gebogenen Eisendrahtes eingezogen. Die untere Oeffnung der Form *c* muss so beschaffen sein, dass der durchzogene Docht dieselbe möglichst verschliesst und das Ausfliessen des Talges verhindert. Der Docht wird an dem oberen Ende durch die Kapsel *b* festgehalten. Darauf füllt man mit dem bei sehr gelindem Feuer geschmolzenen Talg die Formen an. Ehe der Talg in der Form erstarrt, zieht man den Docht an beiden Enden straff an, um ihn in die Mitte zu bringen. Nach dem Erkalten entfernt man die Kerzen aus den Formen. Der Theil des Talges, der sich in der Kapsel *b* befindet, wird durch Abschneiden von der Kerze getrennt. Es ist Erfahrungssache, dass die Talgkerzen durch längeres Aufbewahren weisser und vorzüglicher werden. Häufig macht man die Kerzen dadurch härter, dass man den Talg vorher durch Auspressen von dem darin enthaltenen Oleïn befreit; eine ähnliche Härte der Kerzen bewirkt man durch Zusatz von etwas Wachs, das man entweder mit dem Talge zusammenschmilzt, oder für sich in die Kerzenform im geschmolzenem Zustande bringt und durch horizontale Bewegungen die innere Fläche der Form mit Wachs überzieht. Giesst man dann auf gewöhnliche Weise den Talg in die Formen, so findet man nach dem Herausnehmen die Kerzen mit einer dünnen Wachsschicht überkleidet.

Fig. 140.




Sparlichter. Diese Art Kerzen nennt man Sparlichter.

Gezogene Lichter. Die Fabrikation der gezogenen Lichter besteht einfach darin, vertical und zu wiederholten Malen Dochte in geschmolzenem Talg zu tauchen, bis die Kerze die erforderliche Dicke erlangt hat. Die gezogenen Kerzen sind wohlfeiler und brennen etwas sparsamer als die gegossenen; sie werden deshalb vorzugsweise in ärmeren Gegenden angewendet.

Stearinkerzen. Die Fabrikation der Stearinkerzen (richtiger Palmitinkerzen) hat in der neueren Zeit einen bedeutenden Aufschwung erhalten. Sie begann im Jahre 1825 in Paris unter der Leitung von Gay-Lussac und Chevreul. Die verschiedenartigen, bei der Stearinkerzenfabrikation angewendeten Operationen lassen sich in zwei Abtheilungen bringen; nämlich in die Umwandelung des Talges in Fettsäuren und in die Abscheidung des flüssigen, nicht krystallisirten Theiles. Wie schon bei der Seifensiederei (Seite 121) erwähnt worden ist, bestehen der Talg und das Palmöl (das heutzutage wichtigste Material der Stearinkerzenfabrikation) aus drei verschiedenen Säuren, der Stearin-, Palmitin- und Oelsäure, die an Glyceryloxyd gebunden sind, welches letztere unter Aufnahme von Wasser in Glycerin übergeht. Die Oelsäure ist eine Flüssigkeit, Stearin- und Palmitinsäure sind aber feste Körper. Letztere beiden Säuren abzuscheiden und wobei gewöhnlich die

Palmitinsäure in überwiegender Menge erhalten wird, ist Zweck der beiden Operationen bei der Stearinkerzenfabrikation.

Abscheidung der fetten Säuren durch Verseifung mit Kalk.

Die fetten Säuren werden entweder durch Verseifung oder durch Destillation abgeschieden. Zu diesem Zwecke schmilzt man den Talg oder das Palmöl durch Wasserdampf und bringt in die geschmolzene Masse Kalkmilch. Die Flüssigkeiten werden unter Umrühren 6—7 Stunden lang erhitzt. Nach vollendetem Verseifen und Erkalten findet man auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine Kalkseife, aus stearin-, palmitin- und ölsaurem Kalk bestehend, während das Glycerin sich in Wasser gelöst befindet. Die Kalkseife wird herausgenommen und darauf in besonderen Gefässen mit verdünnter Schwefelsäure behandelt. Der ausgeschiedene Gyps wird zuweilen als Düngemittel benutzt. Anstatt der Schwefelsäure wendet man zum Zersetzen der Kalkseife auch zuweilen Salzsäure an. Die getrennten Fettsäuren werden mit Wasser umgeschmolzen, zu welchem man etwas Schwefelsäure gesetzt hat. Nachdem dies geschehen, schmilzt man die Säuren abermals mit Wasser, um die Schwefelsäure oder Salzsäure zu entfernen, und giesst darauf die geschmolzene Masse in blecherne Formen. Nach dem Erkalten erscheint sie gelb und krystallinisch. Die gelbe Färbung rührt von der nicht krystallisirten Oelsäure her, die sich zwischen den Krystallen der beiden anderen Fettsäuren befindet. Gewöhnlich bedient man sich in den Fabriken der hydraulischen Presse, um die flüssige Oelsäure von den beiden anderen Säuren zu trennen. Nach zweimaligem Auspressen in der Kälte und in der Wärme sind die aus Palmitin- und Stearinsäure bestehenden Kuchen zur Raffination geschickt, welche darin besteht, dass man die Kuchen von Neuem mit Wasser kocht, in welchem Oxalsäure sich gelöst befindet (auf 500 Kilogramme Stearinsäure $^1/_2$ Kilogramm Oxalsäure in 500 Liter gelöst) und erkalten lässt. Zuletzt kocht man noch einmal mit reinem Wasser aus.

Die hierbei als Nebenproduct fallende Oelsäure dient zur Fabrikation der Seife und als Schmiermittel, sowie zum Einfetten der Wolle. Das Glycerin, das aus der wässerigen Lösung durch Abdampfen derselben erhalten werden kann, ist eine syrupdicke Flüssigkeit von süssem Geschmack, die nicht eintrocknet und deshalb als Schmiermittel, so wie in der Parfümerie zur Bereitung von Hautverschönerungsmitteln, dann zur Bereitung von künstlichem Senföl u. s. w. Anwendung findet.

Abscheidung der fetten Säuren durch Destillation.

Die Abscheidung der fetten Säuren aus den Fetten durch Destillation liefert Producte, welche den durch Verseifung erhaltenen bei Weitem nachstehen. Der Hauptzweck der Abscheidung ist aber, aus geringeren Fetten, wie aus Abfällen von der Olivenölgewinnung, Knochenfett, Darmfett, aus Satz des Wallfischthrans, Oelsäure, Seifenwasser, Palmöl u. s. w., ein brauchbares Material zur Fabrikation der Kerzen zu erhalten. Es ist schon seit langer Zeit bekannt, dass concentrirte Schwefelsäure, in Berührung mit Talg- oder Palmöl, sich mit den Fetten Stearin, Oleïn, Glycerin, Palmitin etc. verbindet und Palmitinschwefelsäure, Oleïnschwefelsäure, Glycerinschwefel-

säure u. s. w. erzeugt. Wird die Masse mit Wasser übergossen, so löst sich die Glycerinschwefelsäure auf, während die Palmitinschwefelsäure u. s. w. ungelöst zurückbleiben. Durch siedendes Wasser werden die gepaarten fetten Säuren schnell zersetzt, so dass die Schwefelsäure sich in Wasser löst und die fetten Säuren sich abscheiden. Letztere werden vermittelst überhitzten Wasserdampfes der Destillation unterworfen. Das von Masse und Tribouillet angewendete Verfahren der Darstellung der fetten Säuren besteht in Folgendem: Die mit verdünnter Schwefelsäure unter Erhitzung mit Wasserdampf gewaschenen Fette werden mit concentrirter Schwefelsäure in einem kupfernen oder einem mit Blei ausgefütterten eisernen Kessel verseift, indem man das Gemisch von Fett und Schwefelsäure ungefähr 12 Stunden lang einer Temperatur von 112⁰ aussetzt. Die Quantität der anzuwendenden Schwefelsäure richtet sich nach der Art des Fettes, zu Palmöl sind 8—9 pCt. (nach neueren Erfahrungen in England nur 5 pCt.), zu Fett aus Seifenwasser 10—13 pCt. genügend. Nach Vollendung der Verseifung lässt man die Mischung einige Stunden erkalten und wäscht sie mit heissem Wasser aus. Durch die Verseifung und das Auswaschen wird der Schmelzpunkt des Fettes erhöht, so schmilzt Palmöl bei 30⁰, nach dem Verseifen mit Schwefelsäure bei 38⁰, nach dem Auswaschen bei 40⁰. Die gewaschenen Fettsäuren werden jetzt der Destillation unterworfen. Der dazu benutzte Apparat besteht entweder aus einem eisernen mit Deckel versehenen Kessel oder aus einem dampfkesselähnlichen Cylinder, der durch ein Bleibad auf 300⁰ erhitzt wird. Mit dem Kessel oder dem Cylinder steht ein weites Rohr in Verbindung, das die verflüchtigten Körper in den Verdichtungsapparat leitet, während die zu gleicher Zeit gebildeten brennbaren Gase unter die Feuerung geleitet werden. Sobald die Temperatur der Fette 300⁰ beträgt, wird bis auf 250—300⁰ erhitzter Wasserdampf durch ein enges Rohr unter das Fett geleitet. Der überhitzte Wasserdampf veranlasst die Destillation der fetten Säuren bei einer Temperatur, die weit niedriger ist als die, welche zur Destillation der fetten Säuren für sich nothwendig gewesen sein würde, wobei aber ein Theil des Fettes zersetzt und ein braunes Product erhalten worden wäre. Die destillirten fetten Säuren werden zum Erkalten in Krystallisirgefässe gegossen und zuerst kalt, dann warm gepresst. Palmöl giebt 70—80 pCt. gepresste fette Säure, Oelsäure aus Stearinkerzenfabriken 25—30 pCt., dickes Olivenöl 55—60 pCt. *).

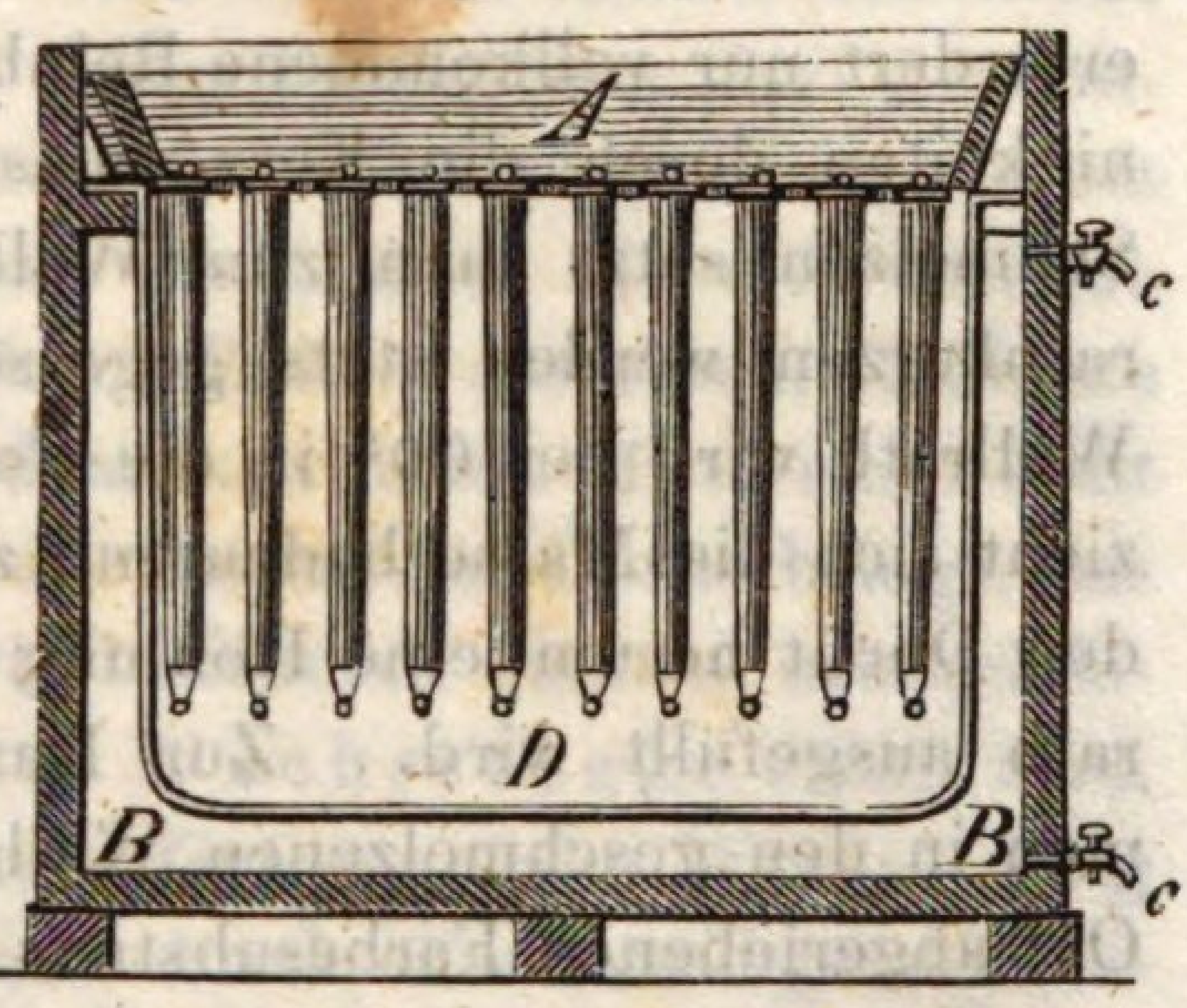
Darstellung der Kerzen. Beim Giessen der Kerzen schmilzt man die fetten Säuren in kupfernen, mit Ausgüssen versehenen Pfannen im Wasserbade und setzt gewöhnlich 3—5 pCt. Wachs hinzu, damit die Kerzen keinen krystallinischen Bruch zeigen und minder leicht zerbrechen. Dasselbe suchten

---

*) In der grossen Kerzenfabrik von Price zu London (Belmont Works, Vauxhall) werden jede Woche allein 2600 Ctr. Palmöl und ausserdem noch andere Fette destillirt.

früher einige Fabrikanten durch Zusatz kleiner Quantitäten von Arsenik zu erzielen, welches Verfahren wegen des nachtheiligen Einflusses, den dasselbe auf die Gesundheit der Consumenten ausübte, gänzlich verworfen worden ist. Die Dochte werden vor dem Gebrauche in eine verdünnte Lösung von Borsäure (auf 1000 Th. Wasser 3 Th. Borsäure und 5 Th. Schwefelsäure enthaltend) getaucht und getrocknet. Das Tränken der Dochte mit dieser Flüssigkeit macht das Putzen der Stearinkerzen unnöthig, da die Borsäure mit der Dochtasche zu einem Glase zusammenschmilzt, das man in Gestalt von Kügelchen an den oberen Enden des Dochtes in dem Maasse schimmern sieht, als die Verbrennung fortschreitet. Die Formen, in denen man die geschmolzene Masse giesst, sind denen bei der Talgkerzenfabrikation angewendeten gleich, nur ist gewöhnlich die Kapsel etwas grösser. Die jetzt angewendeten Formen haben gewöhnlich nur eine Kapsel (Trichter) für dreissig Kerzen. Fig. 141 zeigt einen solchen Giessapparat. *A D* ist ein grosser, aus Blech gefertigter Kasten, in welchem sich die Formen befinden; dieser Kasten steht in einem anderen *B B*, welcher durch Wasserdampf bis zu 100° erwärmt wird; die Hähne *c c* dienen zur Erneuerung der Luft und zum Ablassen des condensirten Wassers. Sobald die Kerzenformen bis auf 45° erwärmt sind, entfernt man den Kasten *A D* aus *B B* und füllt die Formen durch *A* mit der vorher geschmolzenen Stearinsäure die so weit erkaltet ist, dass sie eben zu krystallisiren anfängt, an. Nach hinreichendem Erkalten nimmt man die fertigen Kerzen heraus und giebt denselben durch Reiben mit einem in Alkohol getauchten Lappen eine glänzende Oberfläche.

Fig. 141.




Paraffinkerzen. In neuerer Zeit stellt man Paraffinkerzen*) dar, die an Reinheit und Schönheit die Wachs- und Stearinkerzen weit übertreffen. Das Paraffin (bereits im Jahre 1830 vom Freiherrn von Reichenbach neben dem Kreosot im Holztheere aufgefunden) hat seinen Namen von *parum* wenig und *affinis* verwandt, um anzudeuten, dass es sich mit anderen Stoffen nicht verbindet; es wird weder durch Alkalien, noch Säuren, noch durch Glühhitze zersetzt. Man stellt es fabrikmässig dar (neben Hydrocarbür oder Photogen) durch trockne Destillation der Steinkohlen, der Braunkohlen, des Torfes, bituminöser Schiefer (Boghead-Kohle), gewisser Erdarten, man gewinnt es aus dem Steinöl, aus dem Russ etc. Es ist dem Wallrath sehr ähnlich und scheint für die Kerzenfabrikation

*) Ueber Gewinnung des Paraffin und Mineralöls siehe Wagner's Jahresbericht 1855 p. 413; 1856. p. 396; 1857 p. 457; 1858 p. 552.

ein unschätzbares Material werden zu wollen. Die Kerzen werden stets gegossen. Das Paraffin schmilzt je nach dem Material, durch dessen Destillation es dargestellt wurde, bei 45,5⁰—52⁰. Es besteht entweder aus $Cn\ Hn$ oder $Cn\ Hn + 2$ oder genauer aus $C_{40}\ H_{42}$, vielleicht auch aus $C_{42}\ H_{44}$ und $C_{44}\ H_{46}$.

Wallrathkerzen. Der Wallrath oder das Spermaceti ist eine wachsähnliche Masse, die sich in besonderen Höhlen im Kopfe des *Physeter macrocephalus*, *Tursio microps*, *Orthodon* und des *Delphinus edentulus* in einem eigenthümlichen Oele aufgelöst befindet. Sie besteht aus Verbindungen des Cetyloxydes mit Palmitinsäure, Cetinsäure, Myristinsäure, Cocinsäure. Der Wallrath nahm unter allen zur Kerzenfabrikation angewendeten Substanzen den ersten Rang ein, nicht nur wegen der blendend weissen Farbe und der Halbdurchsichtigkeit der Kerzen, sondern auch wegen der Reinheit des durch sie erzeugten Lichtes, bis derselbe in der neueren Zeit durch das weit billigere Paraffin verdrängt worden ist. Die Fabrikation dieser Art von Kerzen bietet keine Schwierigkeit dar und erfordert nur vollkommene Reinheit des Materials, da die geringsten Unreinigkeiten durch die Kerzenmasse zum Vorschein kommen. Vor dem Schmelzen setzt man zum Wallrath 3 pCt. weisses Wachs. Die Wallrathkerzen werden stets gegossen und nie gezogen. Der geschmolzene Wallrath wird bei $60^0$ in die Formen gegossen. Während des Erkaltens zieht sich die Masse bedeutend zusammen, wodurch oft in der Mitte um den Docht herum eine Höhlung entsteht, welche nachträglich mit Wallrath ausgefüllt wird. Zur Darstellung gefärbter Wallrathkerzen rührt man in den geschmolzenen Wallrath eine geringe Menge der vorher mit Oel abgeriebenen Farbesubstanz.

Neuerdings ist auch die Fettsäure ($C_{20}\ H_{18}\ O_8$), aus Ricinusöl durch Verseifen mit concentrirter Kalilauge dargestellt, als Kerzenmaterial vorgeschlagen worden. Ihr hoher Schmelzpunkt (bei $127^0$) und ihre leichte Verbrennlichkeit erlauben gewiss, sie mit leichten schmelzbaren Substanzen zu verbinden, um letztere zur Kerzenfabrikation geeignet zu machen.

Wachskerzen. Das Wachs der Bienen wird in dem Körper dieser Thiere durch Umbildung des Honigs erzeugt und in Gestalt kleiner Schuppen abgesondert. Dieses Secret hat die Bestimmung, als Baumaterial zu Zellen und zu Vorrathskammern für denselben Stoff zu dienen, aus welchem es durch den Lebensprocess gebildet wurde. Das durch Ausschmelzen und Auspressen erhaltene Wachs ist das gelbe Wachs, dessen Geruch je nach der Natur der Pflanze, von der sich die Bienen nährten, verschieden ist. Ehe man die Bleichung des Wachses vornimmt, schmilzt man dasselbe in einem cylindrischen Gefässe unter Wasser, zu welchem man ungefähr $^1/_4$ pCt. Weinstein zur Klärung gesetzt hat. Darauf wird das Wachs gebändert. Das Bändern hat zum Zweck, die Oberfläche des Wachses zu vergrössern und das Bleichen an der Luft und an der Sonne zu befördern. Diese Operation geschieht, indem man über glatte, hölzerne Walzen, die in einem zum grossen Theile mit Wasser

Bleichung des Wachses.

angefüllten Gefässe so befestigt sind, dass die gegenüberstehenden Wände die Zapfen der Walze aufnehmen, welche durch eine Kurbel um ihre horizontale Axe gedreht wird, geschmolzenes Wachs giesst. Das Wachs verwandelt sich in dünne Wachsbänder, die im Wasser erhärten und dann von der Walze abfallen. Diese Bänder werden auf in Rahmen gespannter Leinwand der gleichzeitigen Einwirkung des Thaues und der Sonnenstrahlen ausgesetzt, bis die färbende Substanz zerstört ist. Versuche, das Wachs durch Chlor zu bleichen, gaben keinen Erfolg; es entstehen dabei chlorhaltige Producte, indem ein Theil des Wasserstoffs im Wachse durch Chlor ersetzt wird, welche sich durchaus nicht zur Kerzenfabrikation eignen. Von anderen Wachsarten seien erwähnt das Palmwachs aus der Rinde von *Ceroxylon andicola*, das brasilianische Wachs aus den Blättern der Caraubapalme, das chinesische Wachs, das von einem Insecte herrühren soll, das Myricawachs aus den Früchten mehrerer Myricaarten. — Die Wachskerzen werden nie gegossen, da das Wachs sich fest an die Formen setzt und sich im Innern der Kerze häufig Blasen und Höhlungen erzeugen. Zur Fabrikation der gewöhnlichen Wachslichter hängt man die Dochte neben einander auf und giesst über dieselben das flüssige Wachs. Wenn die Lichter die erforderliche Stärke erreicht haben, rundet man sie durch Rollen auf einem Rollbrete ab. Die Altarkerzen erhält man, indem man in die Mitte eines breit gedrückten Wachsstückes von der Länge der Kerze, den Docht bringt, das Stück zusammenlegt und rund rollt. — Die bekannten dünnen, schneckenförmig um sich herum gelegten Wachsstöcke erhält man, indem man Dochte durch ein geschmolzenes Gemenge von Wachs, Talg und Terpentin zieht, den getränkten Docht durch eine messingene Ziehscheibe gehen lässt und nachher auf einer Trommel aufwickelt, um dem Wachsstock die gebräuchliche Form zu geben.

Wachskerzen. Wachsstöcke.

Beleuchtung mittelst flüssiger Substanzen.

II. Beleuchtung mittelst flüssiger Substanzen. Unter den verschiedenen Arten von Oelen sind es allein die fetten, schmierigen, die als Beleuchtungsmittel angewendet werden können. Von diesen Oelen wendet man vorzugsweise das Raps- oder Kohlsaatöl (*huile de colza*), das Winterrübsenöl, das Olivenöl- und Baumöl, den Fischthran und zuweilen auch das eintrocknende Mohnöl an. Ausserdem wird in der neueren Zeit noch das Oel der *Madia sativa* angewendet. Um diese Oele zu reinigen, giesst man 2 pCt. englische Schwefelsäure oder eine concentrirte Lösung von Chlorzink in dieselben und rührt gut um. Die Schwefelsäure oder das Chlorzink greift das Oel nicht an, zerstört aber alle schleimigen und fremdartigen Bestandtheile. Durch Waschen mit Wasser wird die Säure oder das Chlorzink entfernt und das Oel gereinigt. Die zur Beleuchtung dienenden fetten Oele fasst man mit dem Namen Brennöl zusammen.

Reinigen des Oeles.

Lampen.

Die Lampen. Die Beleuchtung mittelst Lampen ist

wohl eine der ältesten Beleuchtungsmethoden. Man schreibt ihre Erfindung den alten Aegyptern zu. Von Griechenland und Rom verbreitete sich ihr Gebrauch im übrigen Europa. Die antiken Lampen waren nur aus gebrannter Erde, ihre Form liess aber in Bezug auf Schönheit nichts zu wünschen übrig. Da diese Lampen jedoch durch die Völkerwanderung verloren gingen und im Mittelalter die Erfindung der Talg- und Wachslichter die Aufmerksamkeit von den Lampen ablenkte, so kannte man bis zu Ende des 18. Jahrhundert nur gemeine Lampen von Blech, Kupfer oder Zinn, und während von den Alten Fett gebrannt wurde, brannte man Oel. In der angegebenen Zeit gab der Pariser Pharmaceut Quinquet der Lampenflamme einen Glascylinder als Schornstein, um den Luftzug zu verstärken, dadurch eine vollständigere Verbrennung des Leuchtmaterials und eine weissere Flamme zu erzielen. Es sind dies die Lampen mit einfachem Luftzug. Gute Lampen der Art geben hinsichtlich des Oelverbrauches ein gutes Licht, doch bei weitem nicht das Maximum. Eine dies bezweckende wichtige Abänderung brachte der Genfer Ami Argand 1786 an den Lampen an, indem er den Docht rund und hohl machte, so dass die Verbrennung innen und aussen gleich vollständig vor sich geht. Die Argand'sche Lampe oder die Lampe mit doppeltem Luftzug besteht aus zwei concentrischen Cylindern (Fig. 142 und 143), zwischen welchen sich ein Ring befindet, der zum Festhalten des Dochtes dient (Fig. 144). Der innere Theil des Cylinders steht mit dem

Fig. 142.

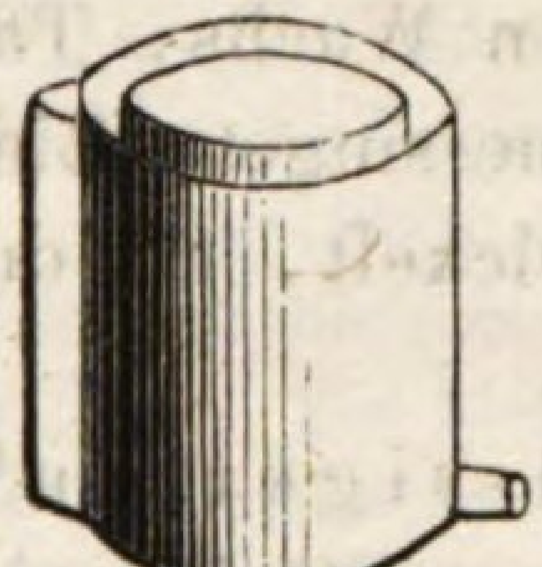
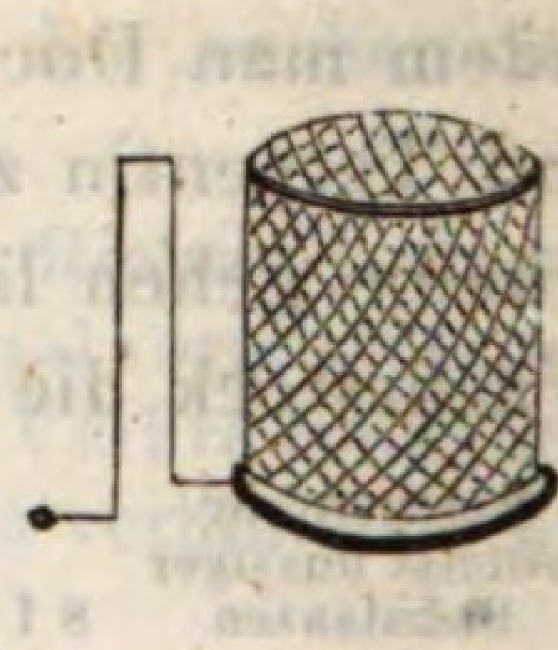


Fig. 143.



Fig. 144.

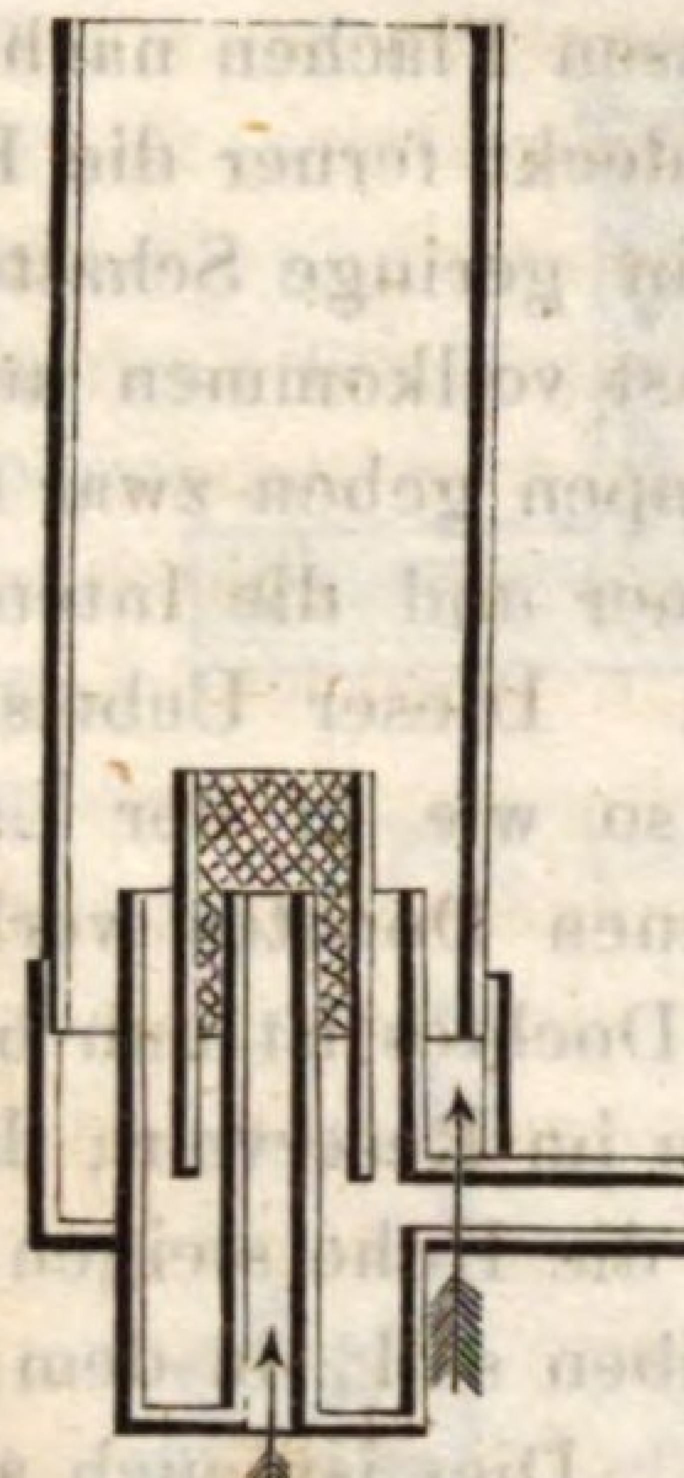


Oelreservoir in Verbindung, in welchem das Niveau des Oeles etwas niedriger, als in dem inneren Theile des Cylinders ist. Durch einen zweimal gebogenen Draht, der mit dem Ringe, welcher den Docht hält, in Verbindung steht, kann der Docht heraus- und hineinbewegt werden. Mit diesem Apparat ist ein gewöhnlich durchbrochener Metallcylinder verbunden, welcher den Glascylinder trägt. Aus den Figuren 145 und 146 (siehe nächste Seite) wird die Construction der Argand'schen Lampen ersichtlicher sein; die Pfeile deuten den Luftzug an. Früher befand sich das Oelreservoir an einer Seite der Lampe, wodurch ein starker Schatten geworfen wurde. Eine wichtige Verbesserung und Abänderung bestand darin, dass man die Lampe mit einem ringförmigen Oelbehälter versah, der zugleich meist zum Tragen des Glasschirmes dient. Wegen der Form des Oelbehälters nannte man diese Lampen Kranzlampen

Fig. 145.



Fig. 146.



welche nach der Form des Kranzes Astrallampen oder Sinumbralampen genannt wurden. Bei den A s t r a l l a m p e n (Fig. 147), eine Erfindung von B o r d i e r - M a r c e l (Paris 1809), ist die Gestalt des Kranzes die eines niedrigen cylindrischen Ringes. Der unangenehme Schatten, der durch diesen Ring hervorgebracht wurde, veranlasste die Erfindung der S i n u m b r a l a m p e n (O h n e - S c h a t t e n - L a m p e n), (s. beistehende Fig. 148) weil bei denselben durch zweckmässige Form des Kranzes und

Fig. 148.

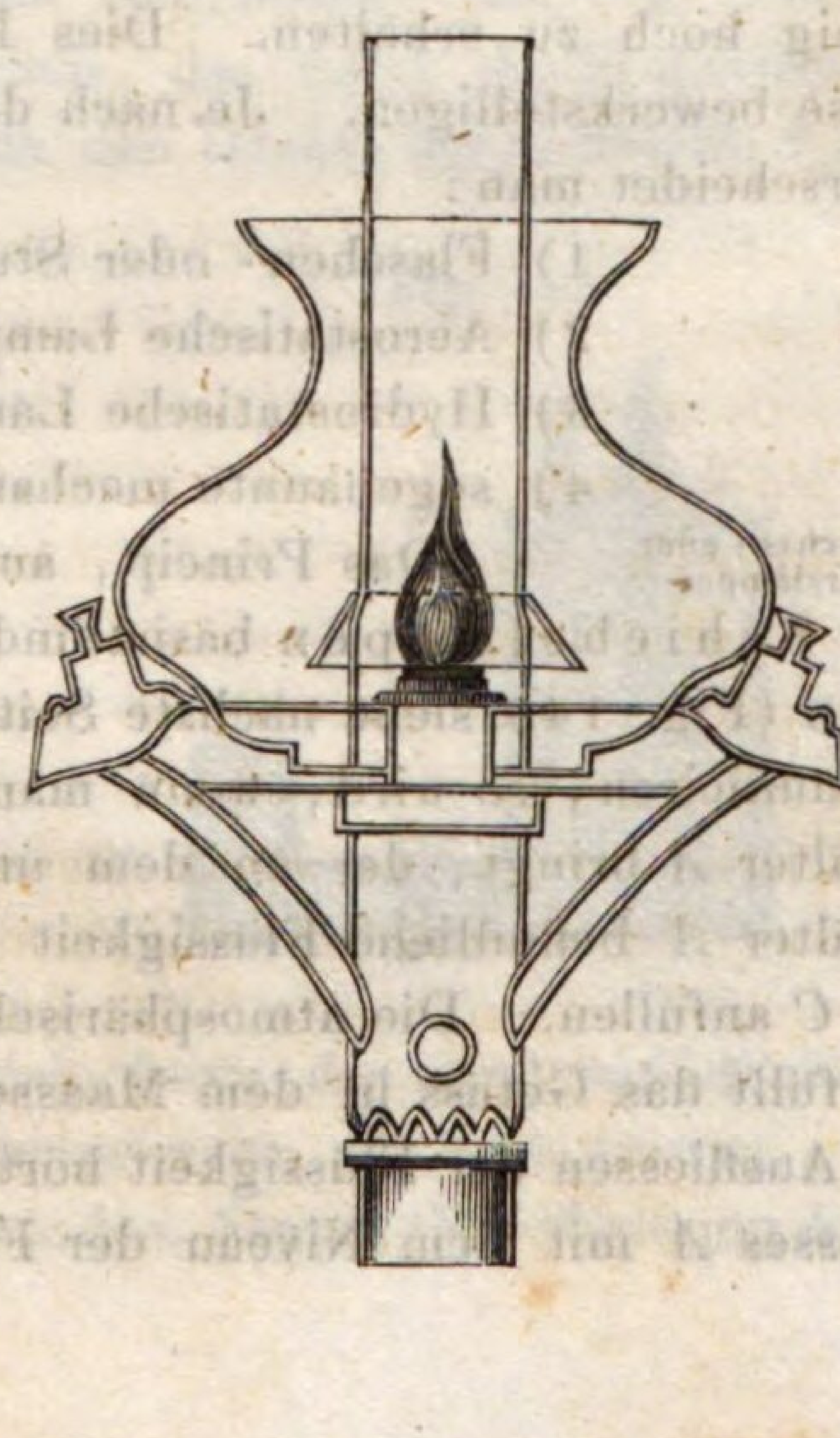
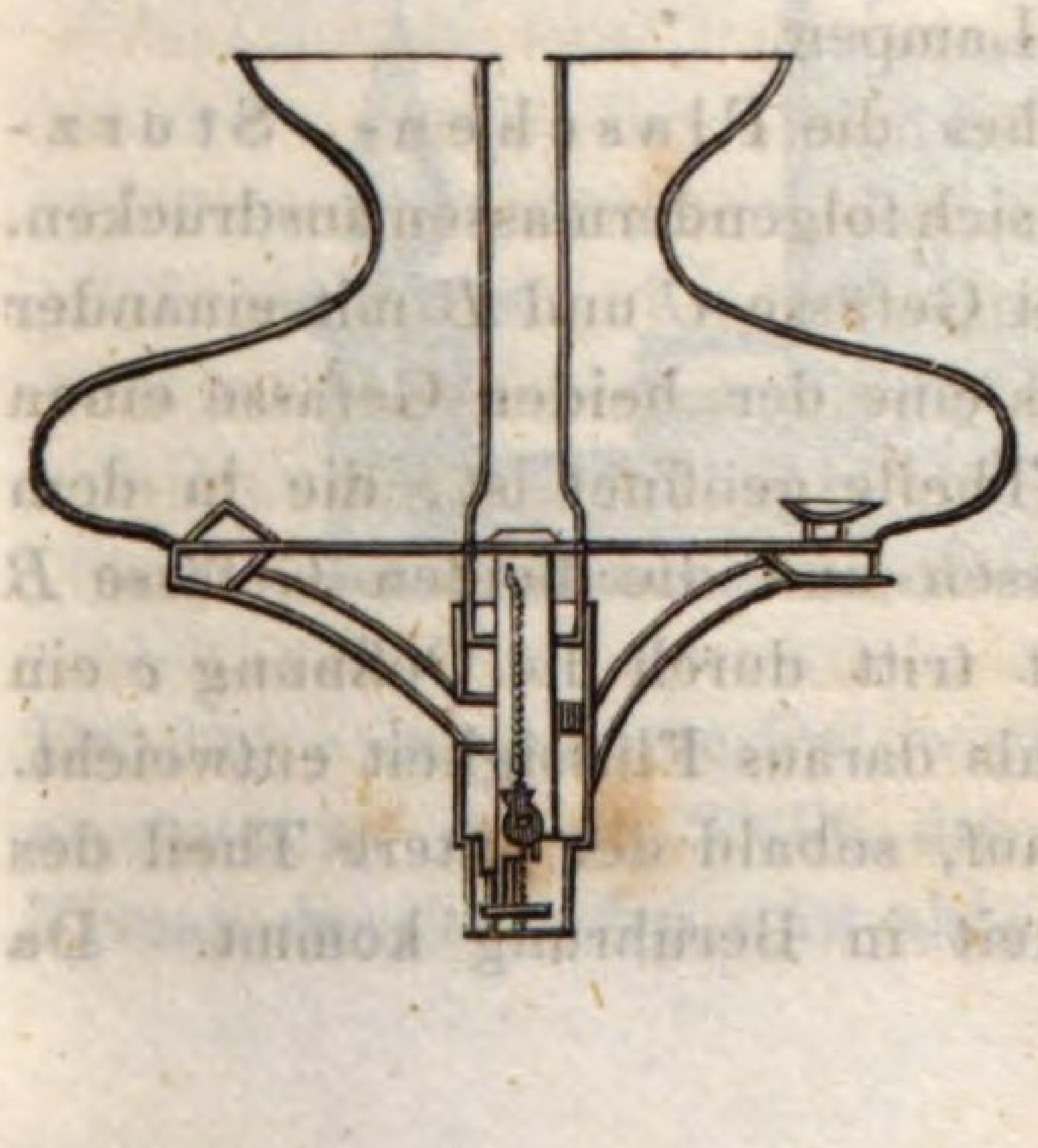


Fig. 147.



des Lampenschirmes der Schatten desselben auf ein Minimum reducirt wird; der Kranz bildet bei diesen Lampen einen flachen, aber breiten Ring, dessen Flächen nach innen in eine Kante zusammenlaufen. Der Schirm bedeckt ferner die Flamme noch unterhalb des Kranzes, so dass der ohnehin geringe Schatten des Kranzes durch Zerstreuung der Lichtstrahlen fast vollkommen aufgehoben wird. Einzelne der eben beschriebenen Lampen geben zwar ein schönes Licht, doch ist dasselbe nur von kurzer Dauer und die Intensität des Lichtes meist eine fortwährend abnehmende. Dieser Uebelstand liegt in der Art der Wirksamkeit des Dochtes, so wie in der Lage des Oelreservoirs. Ein jeder Faden des baumwollenen Dochtes verhält sich als Capillarröhre. Der brennende Theil des Dochtes ist nun bei den beschriebenen Lampen stets höher als das Niveau im Reservoir; das Oel muss demnach durch Capillarität in dem Dochte in die Höhe steigen, und zwar, wenn die Intensität der Flamme gleich bleiben soll, in dem Verhältniss, als es durch Verbrennung consumirt wird. Dies ist auch anfangs der Fall, wo der Docht frisch und das Reservoir mit Oel angefüllt ist. In dem Verhältnisse aber, als das Oel verbrennt, sinkt das Niveau des Oeles im Reservoir und das Oel muss im Dochte zu einer grösseren Höhe emporsteigen. Zugleich wird auch die Capillarwirkung des Dochtes geringer, da Unreinigkeiten einen Theil der Capillaröffnungen des Dochtes verstopfen und ihn dichter machen. Da nun jetzt weniger Oel in die Flamme gelangt als vorher, so nimmt das Licht an Intensität ab und es verkohlt der obere Theil des Dochtes, wodurch die Capillaröffnungen verschlossen werden und die Flamme endlich verlischt. Um diese Verminderung der Lichtintensität möglichst zu verhindern, ist es also einfach genügend, das Oel in demjenigen Theil der Lampe, in welchem sich der Docht befindet, möglichst hoch und gleichförmig hoch zu erhalten. Dies lässt sich nun auf die verschiedenste Weise bewerkstelligen. Je nach dem Princip, was hierbei befolgt wird, unterscheidet man:

1) Flaschen- oder Sturzlampen,
2) Aerostatische Lampen,
3) Hydrostatische Lampen,
4) sogenannte mechanische Lampen.

Flaschen- oder Sturzlampen.

Das Princip, auf welches die F l a s c h e n -, S t u r z - oder S c h i e b e l a m p e n basirt sind, lässt sich folgendermassen ausdrücken. Wenn (Fig. 149 siehe nächste Seite) zwei Gefässe $C$ und $B$ mit einander communiciren, so wird, wenn man in das eine der beiden Gefässe einen Behälter $A$ bringt, der an dem unteren Theile geöffnet ist, die in dem Behälter $A$ befindliche Flüssigkeit ausfliessen und die beiden Gefässe $B$ und $C$ anfüllen. Die atmosphärische Luft tritt durch die Oeffnung $c$ ein und füllt das Gefäss in dem Maasse an, als daraus Flüssigkeit entweicht. Das Ausfliessen der Flüssigkeit hört aber auf, sobald der untere Theil des Gefässes $A$ mit dem Niveau der Flüssigkeit in Berührung kommt. Da

nun durch die Verbrennung des Oeles bei *B* ein Fallen des Niveaus stattfindet, so findet auch ein stossweise erfolgendes Nachfliessen und eine ununterbrochene Verbrennung statt. Da das Niveau des Oeles aber nicht unveränderlich ist, sondern abwechselnd steigt und fällt, so nennt man auch die nach diesem Princip construirten Lampen: Lampen mit intermittirendem Niveau. Figur 150 zeigt den Durchschnitt einer häufig angewendeten Flaschenlampe.

Fig. 149.

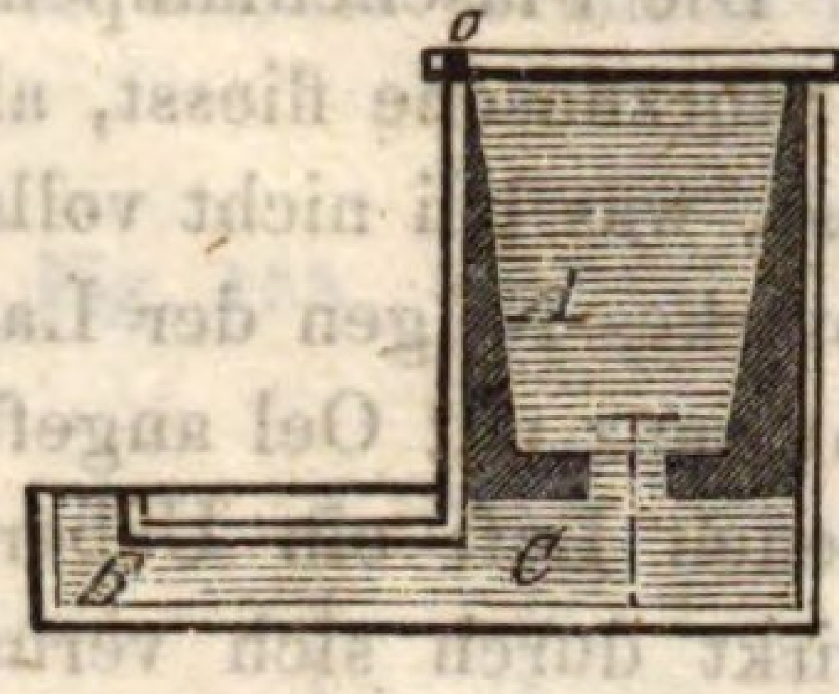
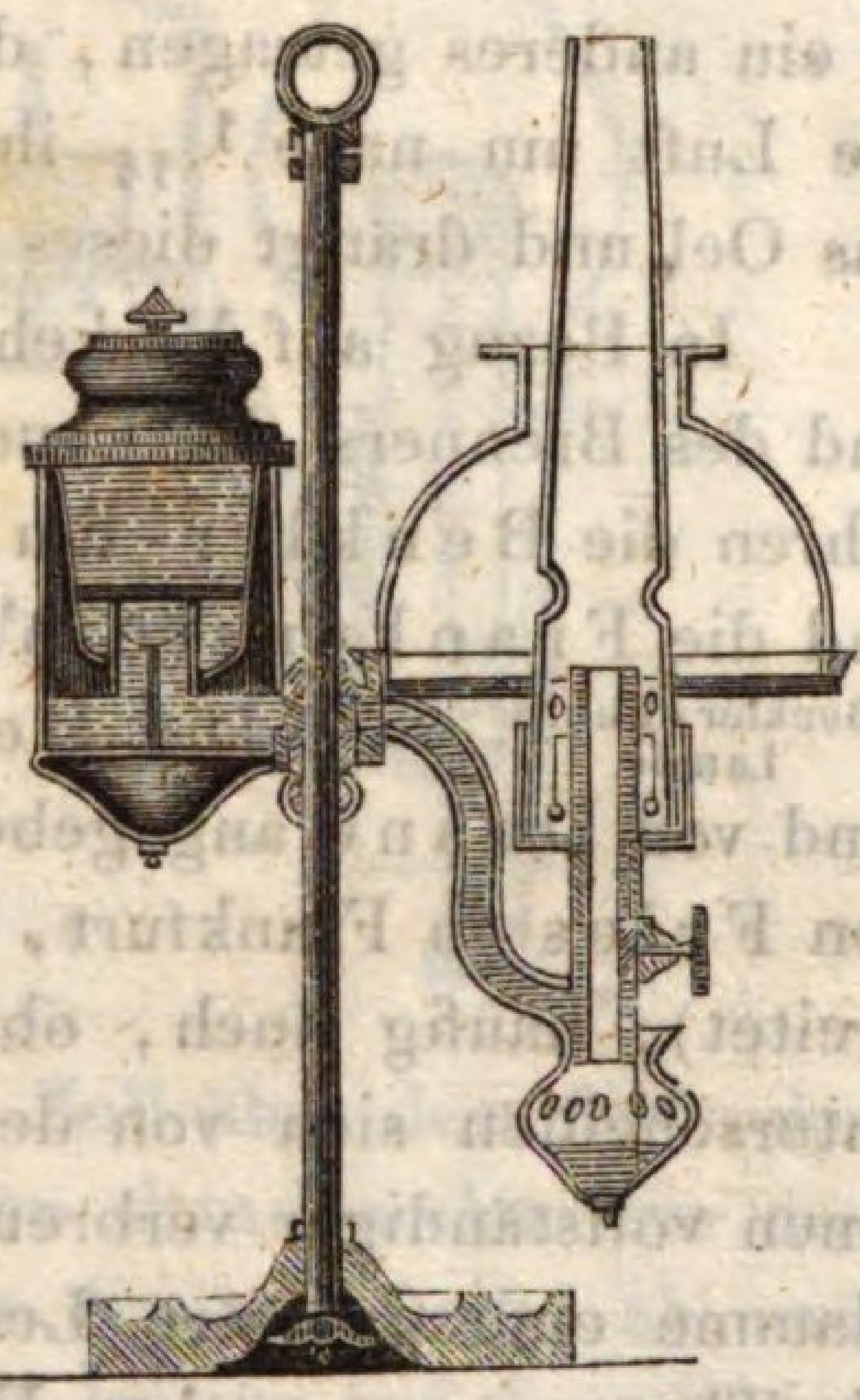


Fig. 150.



Andere Lampen nach demselben Princip sind die weiter unten Fig. 151 und Fig. 152 abgebildeten.

Fig. 151. Die Lampe wird durch Eingiessen des Oeles bei *a* und zweckmässige Neigung der Lampe gefüllt. Bei *b* befindet sich der Docht; in *a* und *b* steht das Oel bis *m*. Wenn nun durch Verbrennung das Niveau des Oeles bei *b* sinkt, so sinkt es auch bei *a*. Ist es nun bis unterhalb der Wand *o* gesunken, so tritt Luft in das Gefäss *A* ein und sammelt sich oberhalb des Oeles bei *p*; dadurch steigt das Oel in *b* und *a*, bis die Wand *o* sich von Neuem in Oel befindet.

Aehnlich ist die Lampe Fig. 152, bei welcher der Mündung der beweglichen Sturzflasche der Fig. 150 die untere Oeffnung des Rohres *a b* entspricht, das durch die Stopfbüchse *x*, zwar luftdicht, aber verschiebbar durch den Deckel des Gefässes *A* geht.

Fig. 151.

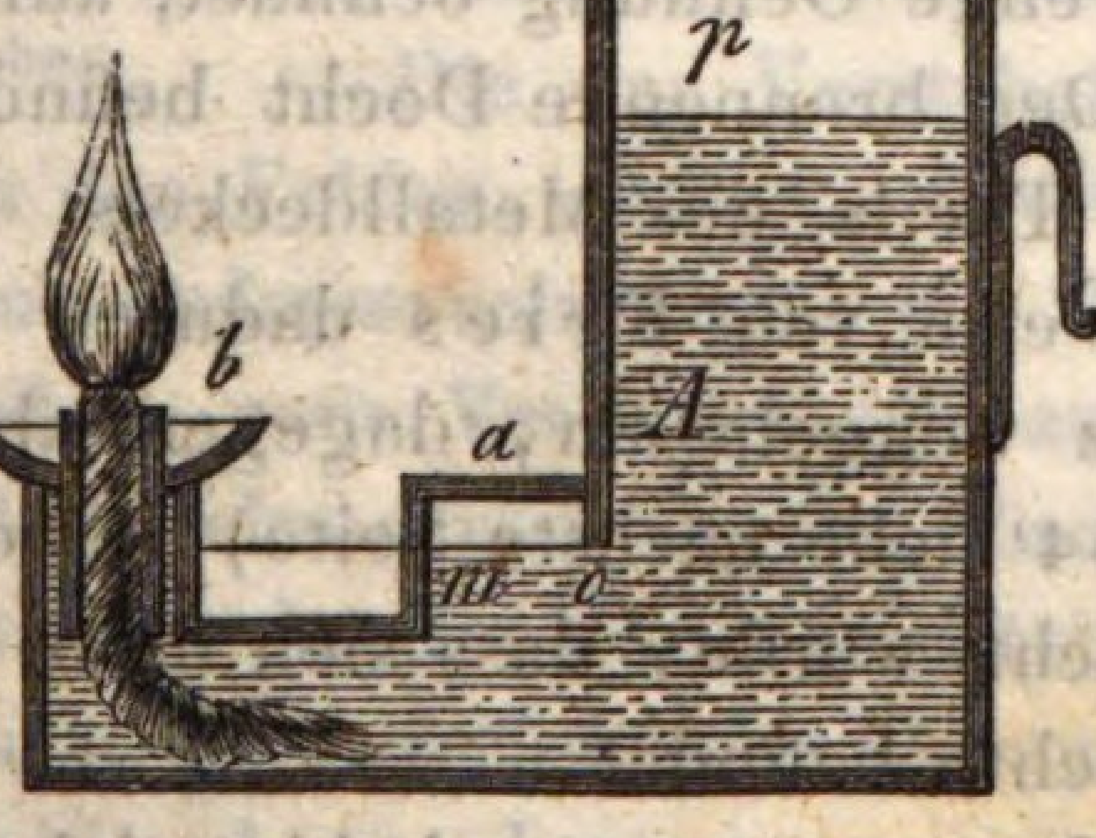
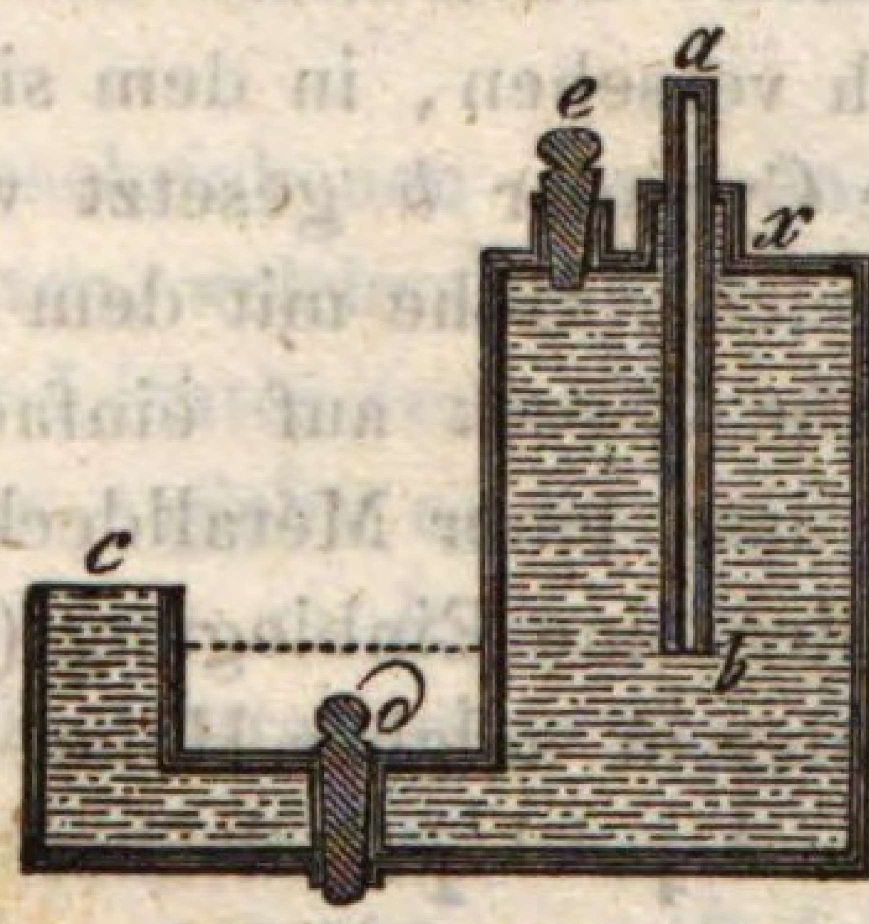



Fig. 152.




Das bei *c* consumirte Oel wird sogleich durch das in *A* befindliche Oel ersetzt, an dessen Stelle die Luft blasenweise durch *b* eintritt. Das Niveau des Oeles bei *c* ist abhängig von dem Stande der Mündung *b*; der

Zufluss des Oeles lässt sich demnach durch Verschieben des Rohres *a b* reguliren. Die Hähne *d* und *e* werden nur beim Füllen des Gefässes *A* benutzt.

Die Flaschenlampen haben den Nachtheil, dass, wenn mehr Oel aus der Sturzflasche fliesst, als consumirt wird, das Oel aus dem Brenner ausfliesst, was bei nicht vollständigem Verschluss der Sturzflasche oder durch zu starkes Neigen der Lampe bewirkt werden kann. Ist die Sturzflasche nicht ganz mit Oel angefüllt, so kann durch Ausdehnung der darin enthaltenen Luft ein Ueberfliessen des Oeles stattfinden Dasselbe wird bewirkt durch sich vermindernden Druck (Fallen des Barometers) und steigende Temperatur. Der Einfluss der Wärme ist der stärkere. Wird z. B. eine Flaschenlampe mit halb angefüllter Flasche aus einem Zimmer in ein anderes getragen, dessen Temperatur 20$^0$ höher ist, so dehnt sich die Luft um nahe $^1/_{14}$ ihres ursprünglichen Volumens aus, drückt auf das Oel und drängt dieses aus der Flasche.

In Bezug auf Vorkehrungen, um durch Modification des Cylinders und des Brenners die Leuchtkraft der Flamme zu vergrössern, sind anzuführen die Benkler-Ruhl'sche Lampe, die Liverpool-Lampe und die Frankenstein'sche Solarlampe.

Benkler-Ruhl's Lampe. Die Benkler-Ruhl'schen Lampen (zuerst in England von Deane angegeben, dann in Deutschland verschieden modificirt von Fries in Frankfurt, und Ruhl und Benkler in Wiesbaden verbreitet), häufig auch, obwohl unpassend, Oelgaslampen genannt, unterscheiden sich von den übrigen Oellampen dadurch, dass das Oel in ihnen vollständiger verbrennt, als in den meisten übrigen, dass daher die Flamme eine grössere Leuchtkraft erhält und dass geringere Oelsorten wie Thran u. s. w. ohne Verbreitung eines Geruches die letzten Producte der Verbrennung: Kohlensäure und Wasser liefern. Die vollständigere Verbrennung wird dadurch bewirkt, dass man den Flammenkegel concentrirt und die Flamme spitzer macht, zugleich den Luftzug durch einen längeren und engeren Cylinder verstärkt. Der Cylinder von Benkler-Ruhl besteht (Fig. 153 siehe nächste Seite) aus zwei Theilen *a* und *b*. Der untere weitere Theil *a* ist von Glas und mit einem etwas gewölbten Deckel von Blech versehen, in dem sich eine enge Oeffnung befindet, auf welche der enge Cylinder *b* gesetzt wird. Der brennende Docht befindet sich fast in gleicher Höhe mit dem unteren Theile des Metalldeckels. Später ist derselbe Zweck auf einfachere Weise von Fries dadurch erreicht worden, dass jener Metalldeckel ganz weggelassen, dagegen aber dem Glascylinder eine Einbiegung (Fig. 154 siehe nächste Seite) ertheilt und der Cylinder in solcher Höhe angebracht wurde, dass sich diese Einbiegung etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Zoll über dem Dochte befindet.

Liverpool-Lampe. Die Liverpool-Lampe unterscheidet sich von der vorstehenden dadurch, dass, während bei der letzteren der äussere Luftstrom gegen die Flamme getrieben und dieser dadurch eine langgestreckte kegelförmige Gestalt ertheilt wird, bei der Liverpool-Lampe auch der

innere Luftstrom mehr horizontal gegen die Flamme dirigirt wird. Das Eigenthümliche der Construction dieser Lampe besteht (s. beistehende Fig. 155) darin, dass in der Axe des Brenners ein starker Draht *m* bis

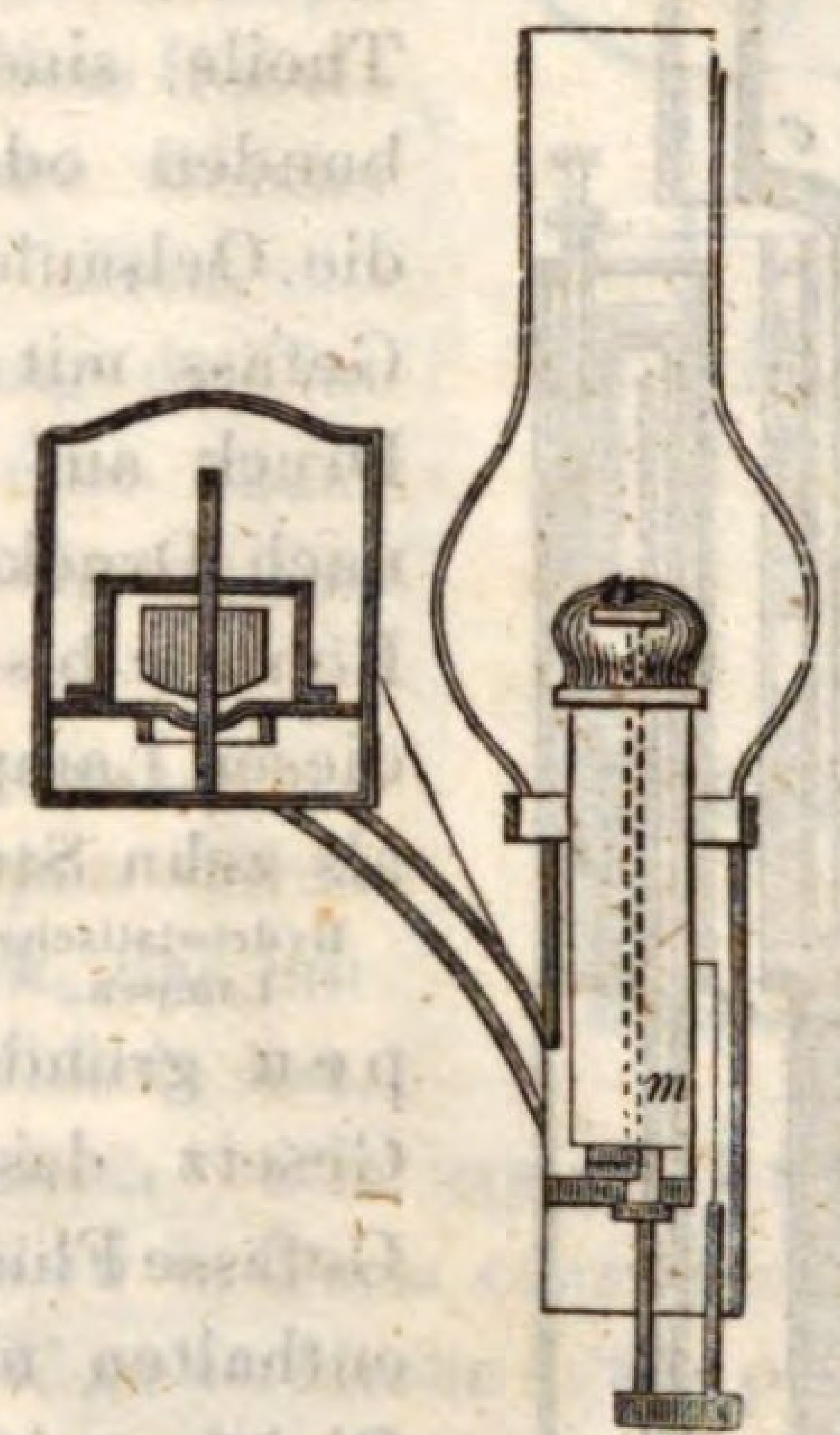
Fig. 153.




Fig. 154.



Fig. 155.




über die Mündung desselben geht, und etwa $^1/_4$ Zoll über dem Ende des Dochtes eine dünne Messingscheibe *n* ungefähr von dem Durchmesser des Dochtes trägt. Der innere Luftstrom prallt an dieser Scheibe ab und wird von allen Seiten gegen die Flamme getrieben, welche auf diese Weise eine tulpenförmige Gestalt erhält. Das Cylinderglas dieser Lampe hat am unteren Ende eine grosse kugelförmige Ausbauchung, welche die Entwickelung der Flamme noch mehr erleichtert.

Solarlampe. Bei der Frankenstein'schen Solarlampe wird innerhalb des runden Dochtes ein zweiter Docht von Spitzengrund eingeführt, der mit einem Kreideüberzug versehen ist, und nicht verbrennt, sondern mit einem weissen Lichte leuchtet.

Aerostatische Lampen. Die im Vorstehenden beschriebenen Lampen haben sämmtlich den Fehler, dass durch den Schatten, welchen das an der Seite angegebene Oelreservoir wirft, ein Theil des Lichtes verloren geht. Um diesen Fehler zum Verschwinden zu bringen, giebt es nur ein Mittel, nämlich das Oelreservoir in den Fuss der Lampe zu legen, in welchem Fall dann aber das Oel durch aerostatischen, hydrostatischen oder mechanischen Druck bis zur Höhe des Brenners gehoben werden muss. Bei den aerostatischen Lampen wird in das geschlossene Oelreservoir gewaltsam Luft eingepresst, welche auf das Oel drückt und dasselbe in einem Steigrohre dem Brenner zuführt. Eine sehr gut construirte Lampe dieser Art ist die Lampe von Girard, die auf demselben Princip, wie

der Windkessel der Feuerspritze oder der Heronsbrunnen beruht; da der Druck der Luft ein abnehmender ist, so ist eine Vorrichtung in dem Heronsbrunnen angebracht, durch welche der Zufluss des Oeles zu dem Brenner ein gleichmässiger ist. Die Construction dieser Lampe ist aus nebenstehender Fig. 156 ersichtlich. Die Lampe erscheint in Form eines Cylinders, in welchem die Theile *A*, *B*, *C* zu unterscheiden sind; diese Theile sind durch vier Röhren mit einander verbunden oder getrennt. Durch den Theil *A* wird die Oelsäule in dem Rohre *a b* gespeist. *B* ist das Gefäss mit der eingeschlossenen Luft, welche den Druck auf die Luft in *C* überträgt. So lange demnach Druck stattfindet, so lange wird auch Oel in der Röhre *c* bis zum Brenner steigen. Die Dimensionen dieser Lampe sind der Art, dass die Lampe länger als zehn Stunden gleichmässig brennt.

Fig. 156.

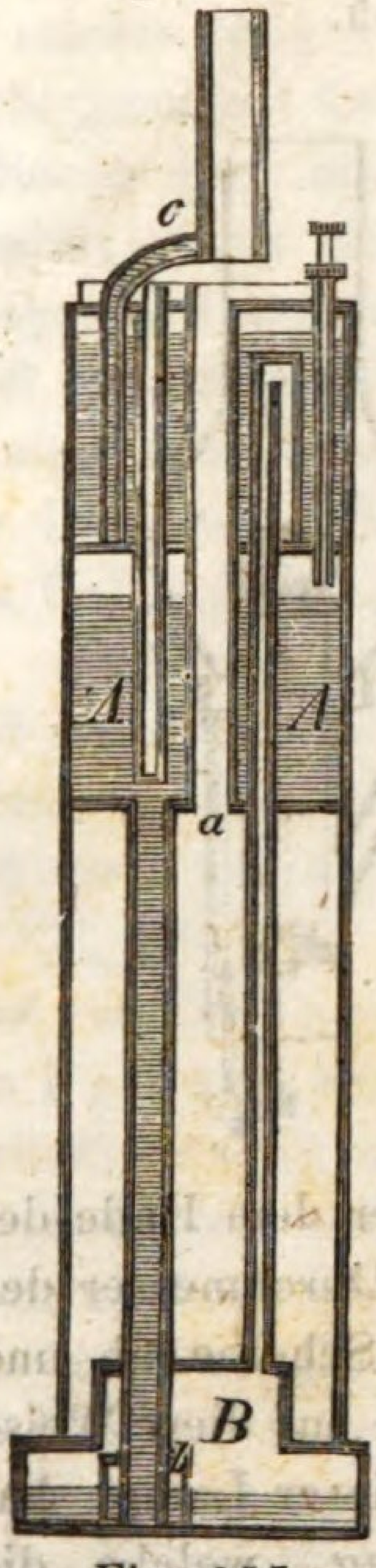



Fig. 157.

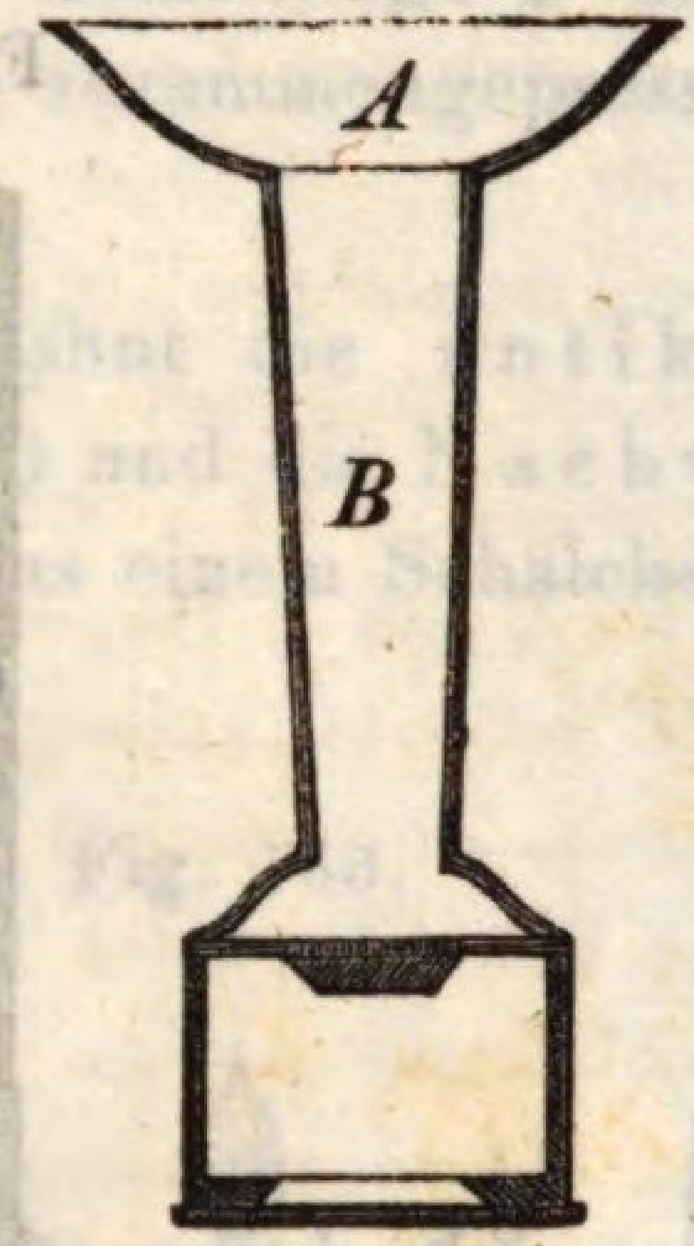



Hydrostatische Lampen.

Die hydrostatischen Lampen gründen sich auf das bekannte physikalische Gesetz, dass, wenn zwei mit einander communicirende Gefässe Flüssigkeiten von verschiedenem spec. Gewicht enthalten und diese Flüssigkeiten mit einander im Gleichgewicht stehen, die Höhe der Flüssigkeitssäulen im umgekehrten Verhältnisse zum spec. Gewicht steht. Die Flüssigkeit, welche bei dieser Art Lampen dem Oel das Gleichgewicht halten soll, muss specifisch schwerer als Oel sein und darf weder die Lampe noch das Oel angreifen. Unter den verschiedenen Constructionen dieser Lampe ist die von Thilorier die vorzüglichste, wobei als drückende Flüssigkeit eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd in Wasser zu gleichen Theilen benutzt wird. Das spec. Gewicht dieser Auflösung ist 1,6, das des Oeles = 1 gesetzt. Die Höhen der Flüssigkeitssäulen im Gleichgewicht verhalten sich demnach wie 16 : 10. Die Lampe von Thilorier hat folgende Einrichtung (Fig. 157): *A* ist verschlossen, und steht nur durch die Röhre *m n* mit der äusseren Luft in Verbindung. Das Rohr *a b* verbindet *A* mit *B*. Von *B* geht ein Rohr *c d* bis zum Brenner empor. Die Lampe wird vermittelst des (Fig. 158 siehe nächste Seite) abgebildeten Trichters *A B* gefüllt, zuerst mit der Zinkauflösung, sodann mit dem Oel. Das überschüssig zugesetzte Oel läuft durch das Rohr *i k* in das Gefäss *P*, das von Zeit zu Zeit ausgeleert wird. Die Zinkauflösung

steht in der Lampe von *h* bis *k*, das Oel von *k* bis *d*. Indem nun das Oel bei *d* verbrennt, fällt das Niveau der Zinkauflösung bei *h*, steigt dagegen bei *k*. Das Oel sinkt demnach bei *d* etwas, jedoch ist dies im Laufe eines Abend so unbedeutend, dass die Helligkeit der Flamme dadurch nur unmerklich beeinträchtigt wird. Die Lampe wird jeden Abend mit Oel gefüllt; die Zinklösung bleibt immer dieselbe. Die Thilorier'sche Lampe leidet ungeachtet ihrer grossen Vorzüge an dem Uebelstand, dass sie während des Brennens ohne Gefahr des Verlöschens nicht bewegt werden darf, indem die durch die Bewegung entstehende Schwankung der im Gleichgewicht befindlichen Flüssigkeiten, eine nachtheilige Störung im regelmässigen Aufsteigen des Oeles verursacht.

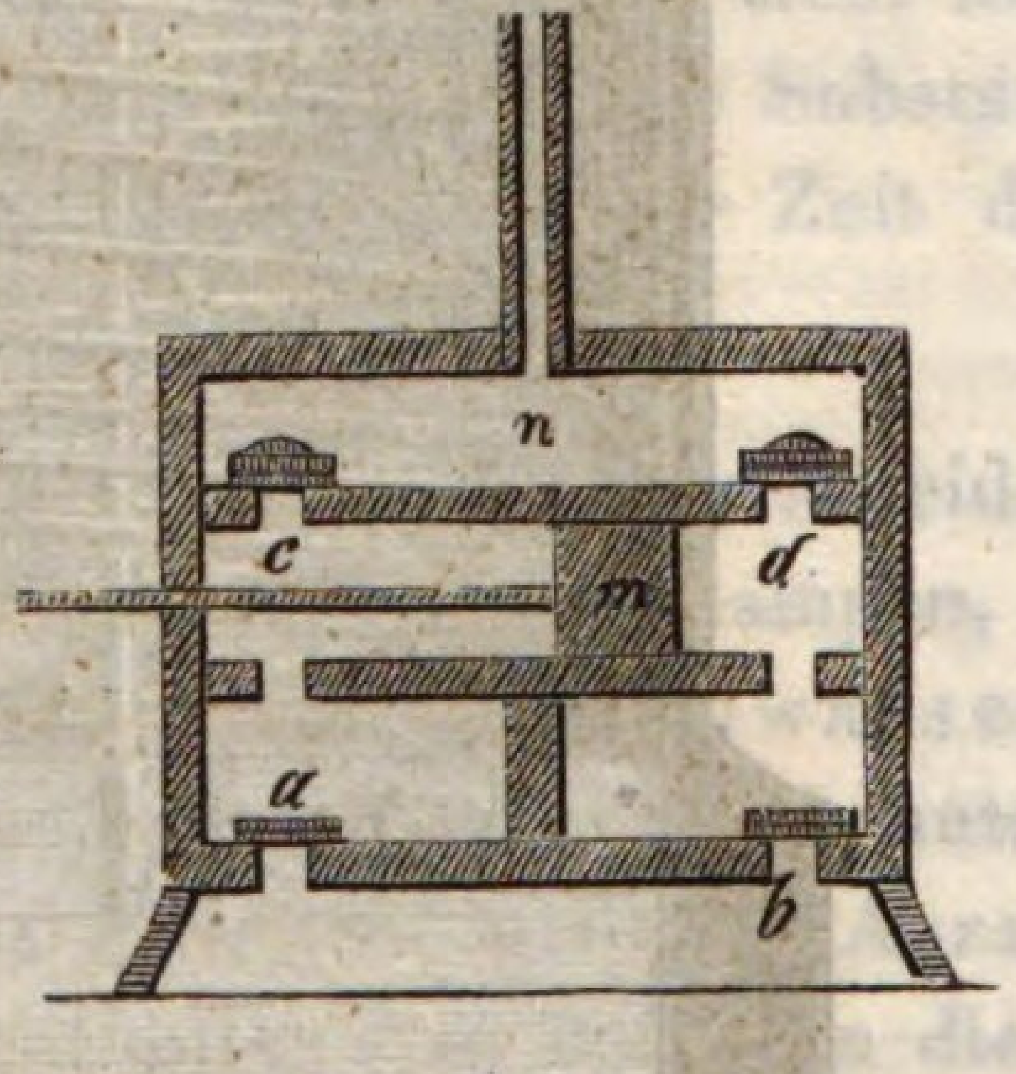
Fig. 158.




Mechanische Lampen.

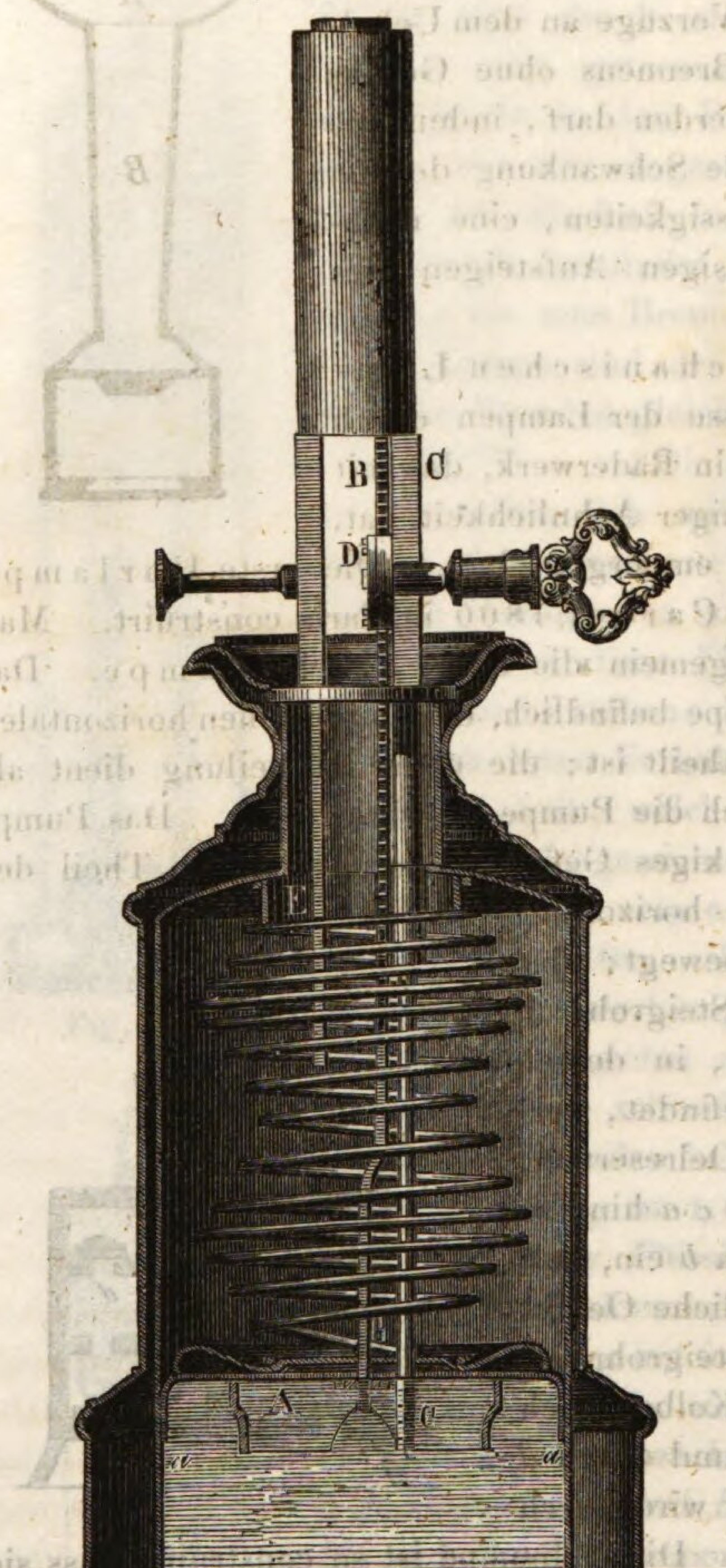
Bei den mechanischen Lampen wird das Oel aus dem Fusse der Lampen durch eine kleine Pumpe, die durch ein Räderwerk, das mit einem Uhrwerke mehr oder weniger Aehnlichkeit hat, bewegt wird, zu dem Brenner emporgetrieben. Die erste Uhrlampe oder Pumplampe wurde von Carcel 1800 in Paris construirt. Man nennt diese Lampe deshalb allgemein die Carcel'sche Lampe. Das Räderwerk ist im Fusse der Lampe befindlich, der durch einen horizontalen Boden in zwei Abtheilungen getheilt ist; die obere Abtheilung dient als Oelbehälter, in welchem zugleich die Pumpe angebracht ist. Das Pumpwerk (Fig. 159) ist ein viereckiges Gefäss, dessen mittleren Theil der Stiefel bildet, in dem sich der horizontalliegende Stiefel hin- und herbewegt; der obere Raum *n* steht mit dem Steigrohr in Verbindung, der untere Raum, in dessen Mitte sich eine Scheidewand befindet, vermittelst zweier Ventile mit dem Oelreservoir. Bewegt sich der Kolben *m* nach *c a* hin, so tritt Oel aus dem Reservoir durch *b* ein, und das zwischen *c*, *a* und *m* befindliche Oel ist gezwungen, durch *c* in das Steigrohr zu treten; bei der Bewegung des Kolben nach *d b*, tritt das Oel durch *a* ein und durch *d* in das Steigrohr. Das Uhrwerk wird durch eine Feder in Bewegung gesetzt. Die Oelpumpe ist so construirt, dass sie weit mehr Oel heraufpumpt, als zur Speisung der Flamme erforderlich ist, so dass ein fortwährendes Ueberfliessen aus dem Brenner erfolgt. Dieses fortdauernde Ueberfliessen ist etwas Wesentliches und Eigenthümliches der Carcel'schen Lampe und bezweckt einestheils, dass es dem Dochte nie an Oel fehle, anderentheils, dass sowohl der Brenner wie das

Fig. 159.



aus ihm hervorragende Dochtende abgekühlt werde, so dass eine Verkohlung des Dochtes, also eine Verminderung der Capillarwirkung desselben, ausgeschlossen ist. Das überfliessende Oel gelangt in den offenen Behälter zurück, um später wieder aufgepumpt zu werden. In der Carcel'schen Lampe verbrennt das Oel auf die zweckmässigste Weise. Diese Lampe giebt die grösste Menge Licht, das während eines Abends an Intensität nicht abnimmt.

Fig. 160.




Regulateur-lampe. Seit Erfindung der Regulateur-Lampen (Moderateur-, Feder- oder Neocarcellampen) durch Franchot im Jahr 1837, die sich durch grössere Einfachheit und Wohlfeilheit und dadurch auszeichnen, dass sie sehr selten in Unordnung kommen, sind die Carcel'schen Lampen etwas in den Hintergrund gedrängt worden. In den Regulateurlampen wird das Oel durch den Druck einer Spiralfeder zum Brenner gehoben. Die Zuführung des Oeles nimmt aber in dem Verhältnisse ab, als die Spannung der Feder sich verändert. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes trägt nach Richardson's Verbesserung, die zusammengedrückte Feder das Oel über einen Kolben und steht im Gleichgewicht mit der Belastung. In dem Verhältnisse, als das Oel verbrennt, nimmt die Belastung ab und die Feder hebt sich. Die Feder ist genau adjustirt und ihre Ausdehnung ist gleich dem Volumen des verbrennenden Oeles, daher immer ein gleiches Niveau erhalten bleibt. Fig. 160 zeigt uns die Moderateurlampe im Durchschnitte. Das Oelreservoir im Fusse der Lampe dient als Stiefel Darin befindet

sich der Kolben *A*, über letzterem die Feder, welche, indem sie sich oben gegen *E* stützt, auf den Kolben einen Druck ausübt, der sich auf das darunter befindliche Oel fortpflanzt und dasselbe durch das Steigrohr *C* zum Brenner hebt. Hat nach mehreren Stunden der Kolben den Boden erreicht, so hört die Oelhebung auf; man muss deshalb schon vorher die Lampe aufziehen, d. h. durch Umdrehung des Griffes *D* die Zahnstange *B* und mit ihr den Kolben emporheben, wodurch die Feder zusammengepresst, also gespannt wird.

Als Anhang zu den Oellampen seien noch erwähnt die antike Lampe (Fig. 161), die Küchenlampe (Fig. 162) und die Nachtlampe ohne Docht (Fig. 163); letztere besteht aus einem Schälchen

Fig. 161.



Fig. 162.



Fig. 163.




*a b* von Metall oder Glas, in dessen Mitte ein durch den Boden gehendes, offenes Röhrchen *c* festgemacht ist. Das Gewicht des Apparates ist von der Art, dass derselbe auf die Oberfläche von Oel gebracht, in diesem etwas tiefer einsinkt, als das Rohr *c* hoch ist; das Oel kommt an der Spitze von *c* als Tropfen zum Vorschein, der sich leicht entzünden lässt und in dem Maasse als er verbrennt, immer durch nachsteigendes Oel ersetzt wird. Diese Nachtlampe hat den Fehler, dass wegen nicht hinreichendem Luftzutritt beim Verbrennen des Oeles eine kohlige Substanz an der Mündung des Rohres zurückbleibt, welche nach kurzer Zeit das Rohr verstopft.

Lampen mit flüssigen Kohlenwasserstoffen (Hydrocarbüren).

Von den bis jetzt angeführten Oellampen unterscheiden sich in Bezug auf das Leuchtmaterial diejenigen Lampen, in denen man anstatt des fetten Oeles einen flüssigen Kohlenwasserstoff, ein Hydrocarbür (Photogen oder auch Camphin) benutzt. Da diese Flüssigkeiten keinen Sauerstoff, aber stets eine grössere Anzahl Atome von Kohlenstoff als von Wasserstoff enthalten, so bedürfen diese Körper zur vollständigen Verbrennung eines guten Luftzuges. Des hohen Kohlenstoffgehaltes wegen ist aber ihre Flamme weit grösser und das durch sie erzeugte Licht weit intensiver, als es bei den fetten Oelen der Fall ist. Ein häufig als Leuchtmaterial angewendeter Kohlenwasserstoff

Camphin und Camphinlampe.

ist das Camphin (auch Antigas genannt), d. i. Terpentinöl, das durch Destillation über Kalk von seinem Harzgehalt befreit

worden ist. Um es darzustellen, werden gleiche Gewichtstheile Wasser und rohes Terpentinöl in einer kupfernen Destillirblase, die davon nicht über $^2/_3$ angefüllt sein darf, mit dem hundertsten Theil der ganzen Mischung frisch gelöschtem Kalk's vermengt, und, nachdem der Helm aufgesetzt und die Fugen mit Lehm verstrichen worden, mittelst Holzfeuerung überdestillirt, bis alles Oel in die vorgelegte Glasflasche übergegangen ist. Bei gleichen Gewichtstheilen Wasser und Oel bleibt in diesem Falle noch etwa $^1/_{10}$ Wasser zurück. Die überdestillirte Flüssigkeit besteht aus zwei Schichten, deren obere, das Camphin, in eine andere Flasche abgegossen und mit einem Glasheber von dem untenstehenden Wasser abgenommen wird. Die noch etwas trübe Flüssigkeit wird mit Löschpapier, etwa 2 bis 3 Bogen auf 10 Pfund, geschüttelt, bis sie vollkommen wasserhell ist, und zuletzt filtrirt. Man erhält auf diese Weise von 100 Theilen rohem Terpentinöl 9—95 Theile Camphin, welches stets in wohlverkorkten Flaschen oder Ballons aufbewahrt werden muss, weil es bei längerer Aufbewahrung an Qualität verliert. Das Camphin ist nach der Formel $C_{10}H_8$ zusammengesetzt und enthält auf $7^1/_2$ Kohlenstoff 1 Th. Wasserstoff. Die Lampen, in denen das Camphin verbrannt wird, wurden aus England unter dem Namen Younglampe, Imperial- oder Vestalampe eingeführt, und haben sich in kurzer Zeit ausserordentlich schnell in Deutschland verbreitet. Die Camphinlampen haben einen unten stark verengten Cylinder, dem von Fries ähnlich. In der Flamme befindet sich eine Scheibe wie bei den Liverpoollampen. Der Cylinder schliesst dicht auf seinem Träger. Die Flamme wird zuerst an der Basis von dem äusseren Luftzug getroffen und durch die Verengerung des Zugglases gedrängt, hierauf durch den inneren Luftzug, der an der Scheibe abprallt, wieder aus einander getrieben, und nimmt dadurch eine tulpenartige Form an. Die Behandlung des Dochtes dieser Lampen erfordert einige Aufmerksamkeit. Der Docht muss vollkommen gleich abgeschnitten sein; ist dies nicht der Fall, so wirft die Lampe eine grosse Menge Russ aus, ein Umstand — der unverdient die Camphinlampen hie und da in Misscredit gebracht hat.

Benzol-, Schieferöllampen.

Von den übrigen flüssigen Kohlenwasserstoffen hat man das Benzol $C_{12}H_6$ (ein bei der Leuchtgasfabrikation aus Steinkohlen in grosser Menge erhaltenes Product; siehe unten) und das durch Destillation von bituminösen Schiefer, Torf, Braunkohle und Steinkohle dargestellte Schieferöl (Hydrocarbür, Photogen, Mineralöl) als Leuchtflüssigkeit in Lampen benutzt. Letzteres scheint in der Geschichte der Beleuchtung eine grosse Rolle zu spielen bestimmt zu sein. Das Photogen ist eine farblose, ätherische Flüssigkeit von 0,815—0,835 spec. Gewicht. Das dem Photogen ähnliche Solaröl von 0,885—0,895 spec. Gewicht wird in Moderateurlampen gebrannt. Durch Destillation von Fichtenharz erhält man das Harzöl oder Pinolin, das ebenfalls als Leuchtmaterial in Lampen gebrannt wird.

Eine der besten Hydrocarbür- oder Photogenlampen ist

die von **B l o k**, welche sich von den anderen Hydrocarbürlampen durch folgende Umstände unterscheidet:

1) dass der gläserne Behälter *a* mittelst eines (eingeschliffenen) gläsernen Stöpsels dicht zu verschliessen ist; dieser Stöpsel enthält in seiner Mitte ein unrundes Loch, in welchem der hindurchgehende Brenner befestigt ist; 2) dass ein eingeschnürtes Zugglas *b b* angewendet und hiermit die sonst nöthige Blechkaspel über dem Brenner erspart wird, so dass auch der unter dieser Kapsel entwickelte Antheil Licht zu Gute kommt; 3) dass nicht nur beim Brennern mit hohlem Dochte, sondern auch bei jenen mit flachem und mit vollrundem Dochte die an Oellampen gebräuchliche Zahnstangenwinde angebracht ist; 4) dass zum Aufsaugen der brennbaren Flüssigkeit ein eigener, beständig in der Lampe verbleibender Saugdocht vorhanden ist, während der damit in Verbindung gebrachte Brenndocht leicht eingesetzt und gewechselt werden kann; 5) dass der Kuppelrand *c c* mittelst eines Ringes *d d* lose aufgesetzt ist, daher entfernt werden kann, und dann die Lampe bequemer gereinigt und geputzt wird.

Der Brenner zu einem vollen runden Dochte, wie er in Fig. 164 angezeigt erscheint, ist nach grösserem Maassstabe in Fig. 165, 166 und

Fig. 164.

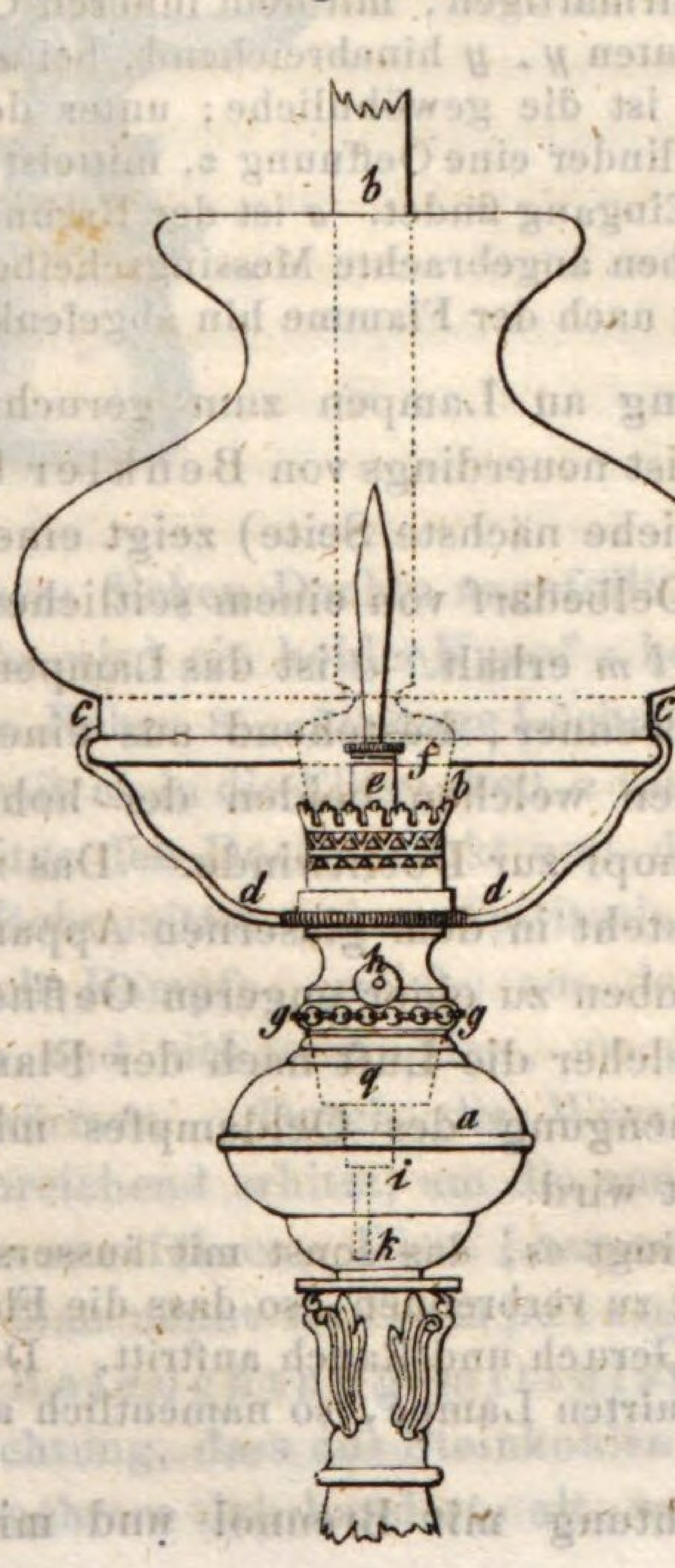



Fig. 165.

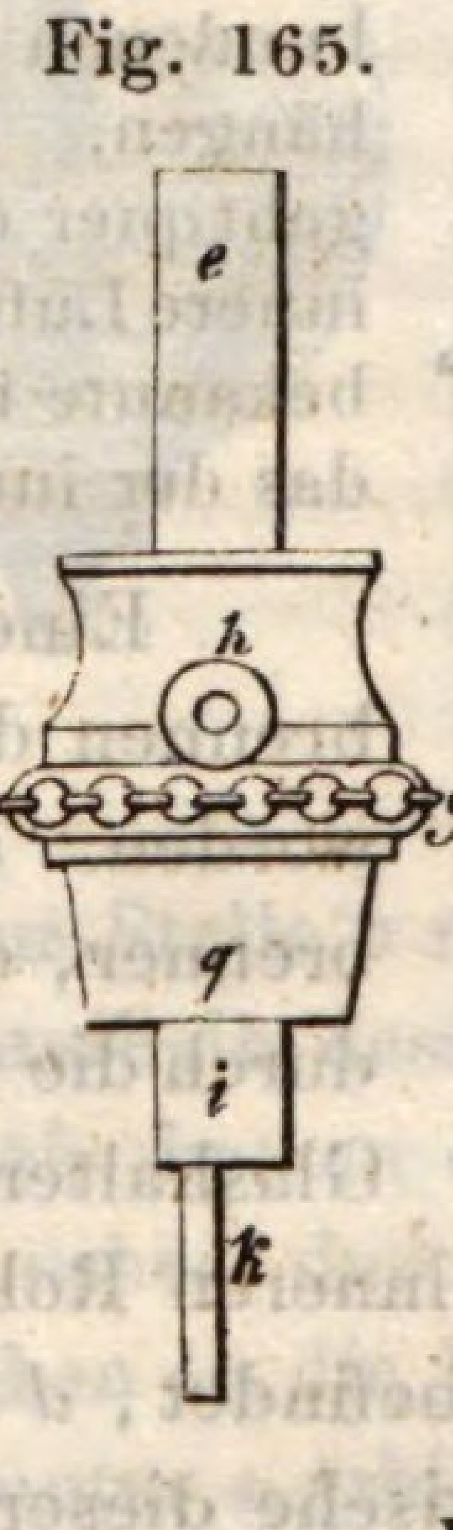



Fig. 167

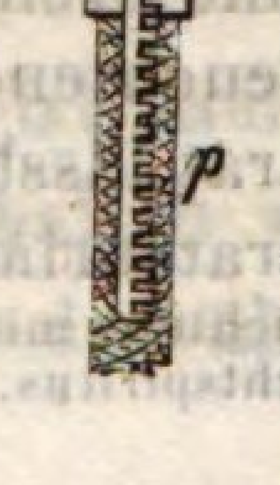



Fig. 166.



167 vorgestellt. Fig. 165 dessen äussere Ansicht; Fig. 166 der Brennnerring; Fig. 167 der Saugdocht nebst seinem Mechanismus.

*l m* in Fig. 167 ist ein cylindrisches Rohr von Weissblech, mit dem Saugdochte *p* ausgefüllt, welcher mittelst kleiner Löcher am oberen Ende *m* festgenäht ist, unten in *p* lang hervorragt. Aeusserlich an *l m* sind zwei Dochtfedern *n*, *n* und die Zahnstange *o* angelöthet. Die ersteren halten den Brenndocht zwischen sich fest, wenn dieser in die obere Oeffnung des Rohres unmittelbar auf den Saugdocht gestellt wird. Die Vorrichtung Fig. 167 wird in dem Rohre *e* (Fig. 165) hinabgeschoben, wobei die Zahnstange *o* in ihre Scheide *k* eintritt und mit dem Getriebe der Winde in Eingriff kommt, dessen Drehknopf bei *h* angegeben ist; der Saugdocht *p* hängt dann unten aus *i* herab und taucht in die Flüssigkeit des Behälters, in dessen Hals der Konus *q* passt. Oben auf *e* steckt man den Brennerring *f* (Fig. 166), durch dessen Oeffnung der Brenndocht so weit als nöthig hervortritt. Bei *g g* ist ein Kranz von Löchern zum Eintritt der Zugluft.

Fig. 168.

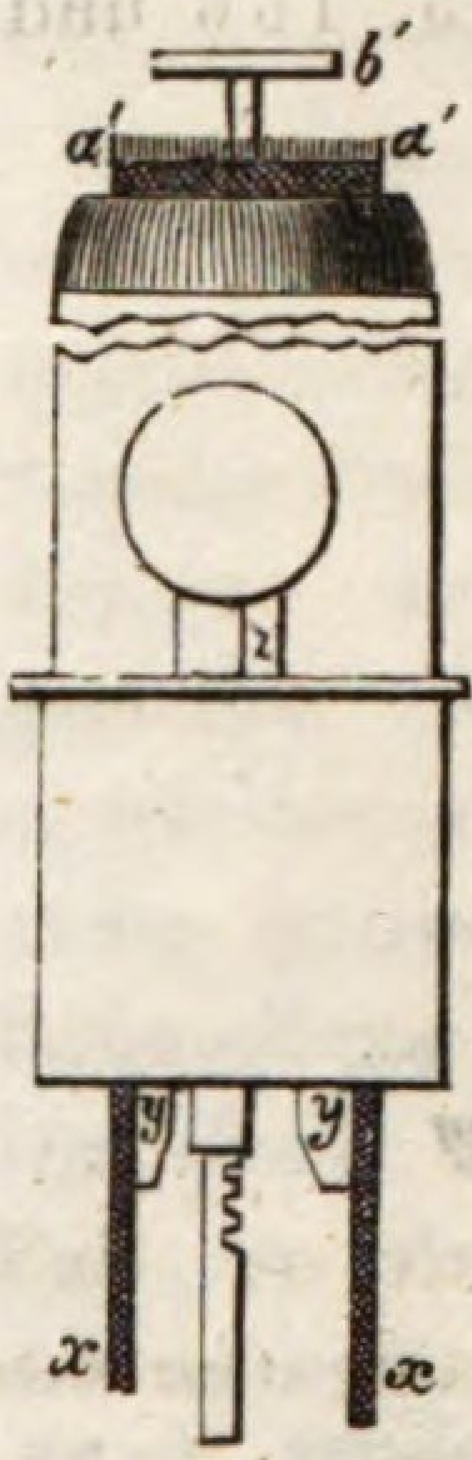



Fig. 168 zeigt den verbesserten Brenner zu hohlem Dochte. Der hohle Brenndocht wird hier wie allgemein bei den Oellampen mittelst zweier breiten Dochtfedern auf dem inneren (beweglichen) Cylinder festgehalten; aber auf den inneren Seiten dieser Federn sind zwei flache Saugdochte angenäht, welche, zwischen der Wand des Aussencylinders und den schirmartigen, mit dem inneren Cylinder verbundenen Wandsegmenten *y*, *y* hinabreichend, bei *x*, *x* heraushängen. Die Winde ist die gewöhnliche; unter dem Getriebe geht quer durch den Cylinder eine Oeffnung *z*, mittelst welcher der innere Luftzug seinen Eingang findet. *a* ist der Brenndocht, *b* das bekannte über demselben angebrachte Messingscheibchen, durch das der innere Luftzug nach der Flamme hin abgelenkt wird.

Eine Vorrichtung an Lampen zum geruchfreien Verbrennen des Harzöles ist neuerdings von Benkler beschrieben worden. (Fig. 169 siehe nächste Seite) zeigt einen Lampenbrenner, der seinen Oelbedarf von einem seitlichen Reservoir durch die Armröhren *l m* erhält. *a* ist das Lampenglas, *b* der Glashalter, *c c* der Brenner, bestehend aus einem äusseren und einem inneren Rohre, zwischen welchen beiden der hohle gewebte Docht sich befindet, *d* der Triebknopf zur Dochtwinde. Das wesentliche Charakteristische dieser Lampe besteht in dem gläsernen Apparate *e f n o*. Dieser ist eine unten ganz offene, oben zu einer engeren Oeffnung zusammengezogene Kapsel, innerhalb welcher die Luft nach der Flamme *g* hingedrängt und zugleich eine Vermengung des Oeldampfes mit erhitzter atmosphärischer Luft bewerkstelligt wird.

Vermittelst dieses Apparates gelingt es, das sonst mit äusserst russender Flamme brennende Harzöl vollständig zu verbrennen, so dass die Flamme weiss und leuchtend, dennoch aber ohne Geruch und Rauch auftritt. Der nämliche Apparat lässt sich an jeder gut construirten Lampe, so namentlich auch an den Moderateurlampen, anbringen.

Beleuchtung mit Leuchtspiritus.

An die Beleuchtung mit Brennöl und mit flüssigen

Hydrocarbüren schliesst sich der Leuchtspiritus an. Diese Flüssigkeit besteht aus 1 Th. Terpentinöl in 7 Th. Alkohol von 97,5⁰. Aus dem Terpentinöl, das beim Verbrennen mit dem Alkohol verflüchtigt wird, scheidet sich so viel Kohlenstoff aus, um der Flamme eine intensiv weisse Färbung zu ertheilen. Mit dieser Lösung füllt man eine grosse Kugel *A* (Fig. 170) an, durch welche ein messingenes Rohr *b* geht. Dieses Rohr

Fig. 169.

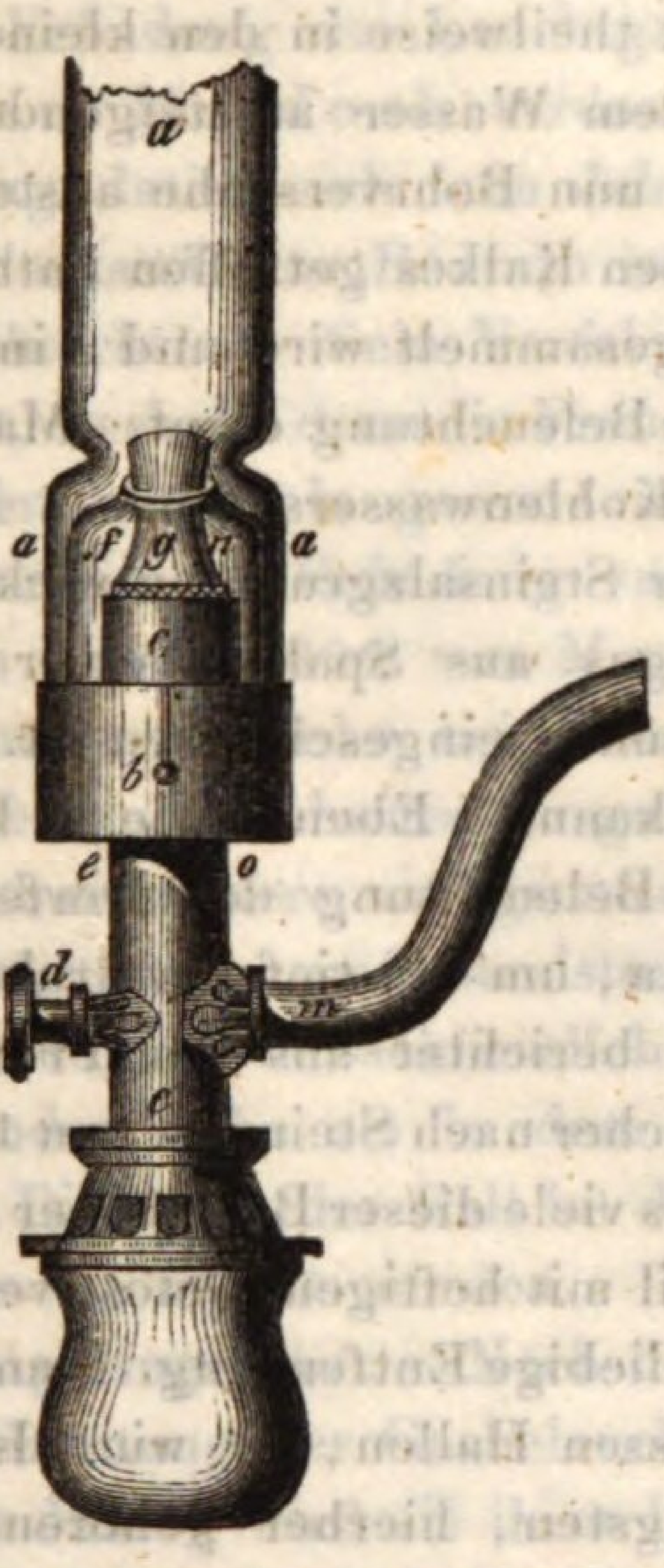
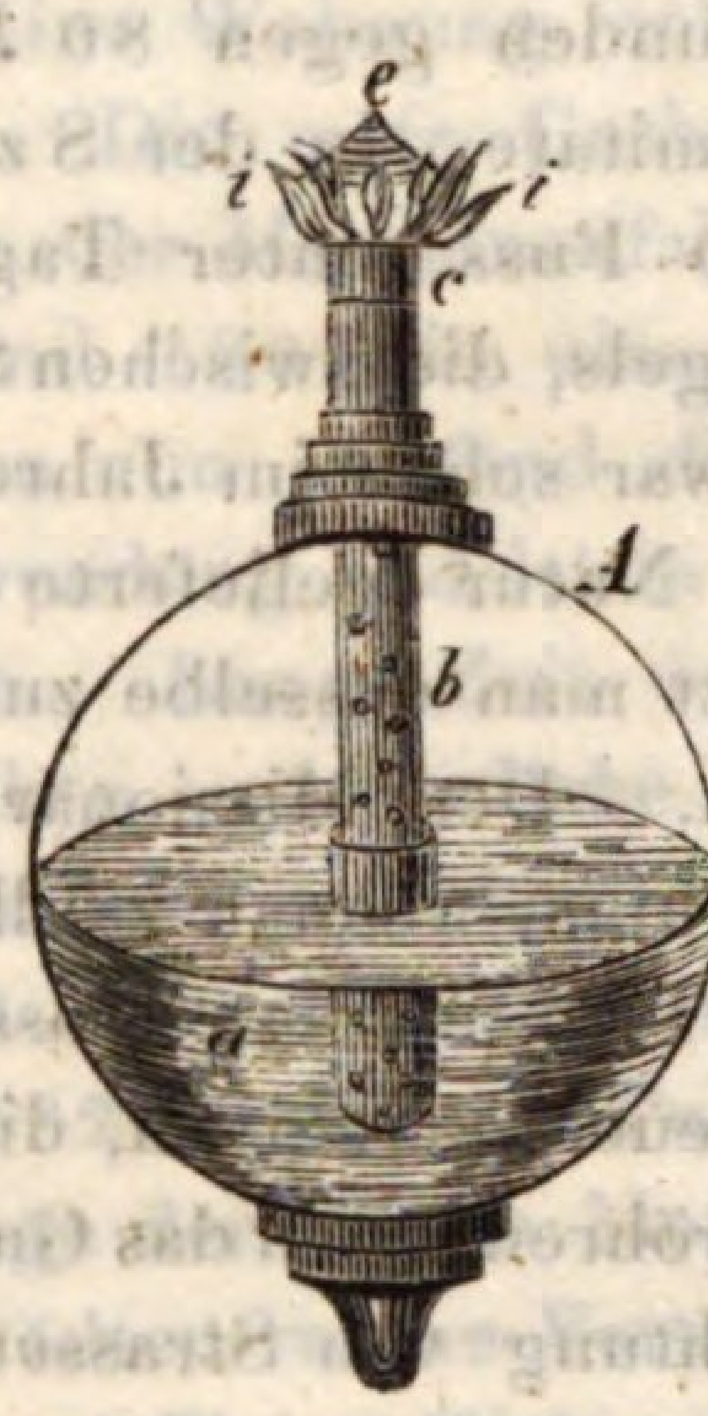



Fig. 170.




ist mit einem dicken Dochte angefüllt, der bis zur Stelle *c* reicht. Auf diesem Rohr wird ein hohler Knopf *e* befestigt; unterhalb dessen befinden sich in dem Rohre 8—10 enge Löcher *i i*. Das Rohr hat an dem unteren Ende, so weit es in die Flüssigkeit *a* taucht, viele Löcher, durch welche der Leuchtspiritus den Docht tränkt und durch denselben in die Höhe steigt. Wird das Rohr mittelst einer Spirituslampe etwas unter *c* erhitzt, so entwickeln sich Dämpfe, welche aus den Löchern unterhalb des Knopfes ausströmen und sich entzünden, um den Knopf herumbrennen und denselben erwärmen. Durch die Wärmeleitung wird die Flüssigkeit im Dochte hinreichend erhitzt, um die zur Speisung der Flamme hinreichende Menge Gas zuzuführen. Diese Lampen sind von Lüdersdorff construirt worden. Man nennt sie Dampflampen.

III. Beleuchtung mittelst gasförmiger Substanzen. Die Beobachtung, dass aus Steinkohlen ein brennbares Gas erhalten werde, ist schon mehrere Jahrhunderte alt, wusste man ja schon seit den ältesten

Zeiten, dass in dem grossen Haushalte der Natur sich fortwährend ein brennbares Gas in den Steinkohlenflötzen erzeuge. Der Boden mancher Gegenden enthält dieses Gas in solcher Quantität, dass es ausreicht, ein Schilfrohr in den Boden zu stossen, um sogleich das Ausströmen eines Gasstromes zu bewirken, der zur Beleuchtung benutzt werden kann. In der Nähe des Dorfes Fredonia in New-York, zwei Meilen vom Erie-See gelegen, liefert die Natur eine vollständige Beleuchtungsanstalt, wie wir sie in den Städten nur mit grossem Aufwande künstlich schaffen. Beim Abbrechen einer Mühle, deren Mauerwerk theilweise in den kleinen Fluss Canadaway reichte, nahm man aus dem Wasser aufsteigende Blasen von Kohlenwasserstoffgas wahr. Als man nun Bohrversuche anstellte und und in gewisser Tiefe eine Lage bituminösen Kalkes getroffen hatte, brach durch die Oeffnung das Gas hervor, das gesammelt wird und, in Röhren nach allen Theilen des Dorfes geleitet, zur Beleuchtung dient. Man erhält alle zwölf Stunden gegen 80 Kubikfuss Kohlenwasserstoffgas. Im Marmaroscher Comitate, in der Szlatinaer Steinsalzgrube entwickelt sich, ungefähr 270 Fuss unter Tag, Leuchtgas aus Spalten einer Schicht thonigen Mergels, die zwischen Steinsalzbänken eingeschlossen ist. Diese Erscheinung war schon im Jahre 1770 bekannt. Ebenso wie in Fredonia das von der Natur gelieferte Gas zur Beleuchtung des Dorfes dient, ebenso benutzt man dasselbe zu Szlatina, um die tiefsten Grubenräume zu beleuchten. Der Missionär Imbert berichtet aus der Provinz Szu Tchhouan in China, wo man zahllose Bohrlöcher nach Steinsalz von 1500 bis zu 1600 Fuss Tiefe niedergestossen hat, dass viele dieser Bohrlöcher Ausströmungen von Leuchtgas zeigen, die zum Theil mit heftigem Getöse verbunden sind. Bambusröhren leiten das Gas in jede beliebige Entfernung. Man benutzt es zur Beleuchtung von Strassen und grossen Hallen, so wie als Brennmaterial in den Salinen. Den grossartigsten, hierher gehörenden Erscheinungen ist ohne Wiederrede das „Feuerfeld“ bei Baku, auf der Halbinsel Absheron am caspischen Meere beizuzählen, wo an mehreren Punkten perennirende Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas stattfinden. Das Gas steigt am häufigsten aus einem dürren, steinigen Boden auf, wo ehemals ein Tempel mit zwölf indischen Priestern stand. Der Tradition nach soll das Gas schon mehrere Tausend Jahre gebrannt haben. Aehnliche Feuer findet man in Kurdistan bei Arbela, zu Chitta-Gong in Bengalen und an anderen Orten des asiatischen Continents. — So viel von dem Vorkommen des Kohlenwasserstoffgases in der Natur.

Was das künstlich dargestellte Gas aus Steinkohlen anbelangt, beobachteten schon im Jahre 1664 die Engländer Clayton und Hales das Entweichen desselben beim Erhitzen von Steinkohlen; später (1767) zeigte der Bischof Landlaff, dass sich die brennbare Luft durch Röhren überall hinleiten lasse; es benutzte sogar Professor Pickel in Würzburg, schon 1786, aus Knochen erzeugte Gase zur Beleuchtung seines Laboratoriums. Ungefähr um die nämliche Zeit stellte Lord Dundonald auf seinem

Landsitze Culross-Abtei Versuche zur Anwendung des Steinkohlengases an. Ursprünglich handelte es sich um die Gewinnung von Steinkohlentheer als Nebenproduct der Kokbereitung. Die Arbeiter hatten in die Kühlvorlage, in welcher sich der Theer absetzt, eiserne Röhren eingekittet und pflegten das aus diesen Röhren entweichende Gas des Nachts anzuzünden und die Flamme des Gases zur Beleuchtung zu benutzen. Der Lord selbst verbrannte das Gas in der Abtei als Gegenstand der Curiosität. Alle diese Versuche waren nur vereinzelt dastehende Vorläufer der englischen Erfindung der Leuchtgasfabrikation, welche man dem Engländer William Murdoch verdankt. Der Anfang der eigentlichen Gasbeleuchtung datirt sich vom Jahre 1792, wo Murdoch sein Haus und seine Werkstätte zu Redruth in Cornwall mit aus Steinkohlen erhaltenem Gase erleuchtete. Sein Verfahren wurde aber erst etwa zehn Jahre später bekannt, weshalb denn die Franzosen ihrem Landsmann Lebon, der 1801 mit einem aus Holz gewonnenen Gase seine Wohnung nebst Garten erleuchtete, diese Erfindung zuschreiben. Die erste Gasbeleuchtung im Grossen wurde 1802 von Murdoch in der Maschinenfabrik von Watt und Bouton in Soho bei Birmingham und 1804 in einer bedeutenden Spinnerei zu Manchester ausgeführt. Von nun an fand die Gasbeleuchtung immer weitere und grossartigere Anwendung und ist in London unter allen Städten am umfassendsten geworden. Lange Zeit wurde die neue Beleuchtungsart ausschliesslich auf Fabriken und ähnliche Etablissements angewendet, ehe sie in dem eigentlichen bürgerlichen Leben Eingang fand. Dies war der Fall im Jahre 1812, in welchem Londons Strassen mit Gas beleuchtet wurden. Im Jahre 1820 wurde in Paris die Gasbeleuchtung eingeführt. Nach dem Vorgange der beiden Metropolen macht die Verbreitung der Gasbeleuchtung in Städten rasche Fortschritte und in wenigen Jahren wird sie ihren Lauf um die civilisirte Welt vollendet haben, da die Verbesserungen in der Fabrikation, namentlich die von Pettenkofer erfundene Leuchtgasfabrikation aus Holz und Torf, den Preis des Gases ausserordentlich ermässigt haben und die Einführung dieser Beleuchtungsart selbst in kleineren Städten gestatten. Es ist sogar zu erwarten, dass in nicht sehr ferner Zeit das Gas wie jetzt als Leuchtmaterial, so als Heizmaterial den Wohnungen zugeführt werden wird.

Das Princip der Gasbeleuchtung ist, wie schon im Eingange gesagt worden ist, ganz dasselbe wie das der übrigen Beleuchtungsmethoden, da es, wissenschaftlich gesprochen, keine andere Beleuchtung als Gasbeleuchtung giebt. Wenn man in Erwägung zieht, dass in dem brennenden Dochte das Leuchtgas aus dem Leuchtmaterial erzeugt und fast in demselben Augenblicke verbrannt wird, so ist es einleuchtend, dass die Beleuchtung mit Oel, Wachs, Paraffin oder Stearinsäure sich von der Gasbeleuchtung nur durch den Ort der Gaserzeugung und durch die Zeit der Verbrennung unterscheidet. In dieser Beziehung könnte man die Gasbeleuchtung einen Rückschritt, und folgende Bemerkung eines bekannten

Chemikers eine sehr treffende nennen. „Wäre die Gasbeleuchtung die ursprüngliche, und man hätte später die Kerze oder die Lampe erfunden, in welcher die complicirten Operationen der Gasfabriken gewissermassen zu einem Mikrokosmos selbstthätig und selbstregulirend verschmolzen sind, so würde man diese Erfindung sicher zu den grössten unseres Jahrhunderts rechnen, und als einen Triumph der Intelligenz preisen“.

Wollte man Leuchtgas aus Oel oder aus Wachs oder aus Stearinsäure und Paraffin darstellen, so wäre der citirte Ausspruch gerechtfertigt, so aber wendet man Substanzen wie Steinkohle, Holz und Terpentinöl, überhaupt Substanzen zur Gaserzeugung an, die für sich *nie* als Leuchtmaterialien benutzt werden können. Ausserdem ist wohl zu berücksichtigen, dass bei dem gegenwärtigen Stand der Dinge die Steinkohlengasanstalten so wie die Holzgasfabriken ökonomisch betrachtet nur Verkokungsanstalten sind, welche mehr durch den Verkauf von Koks bestehen und das Gas eigentlich als Nebenproduct erhalten.

Die Rohmaterialien zur Gaserzeugung sind Steinkohlen, Holz, Harz, Fett und Oel. Das aus diesen Materialien erzeugte Harz wird je nach der Substanz, die zu seiner Darstellung diente, *Steinkohlengas*, *Holzgas*, *Harzgas*, *Oelgas* u. s. w. genannt.

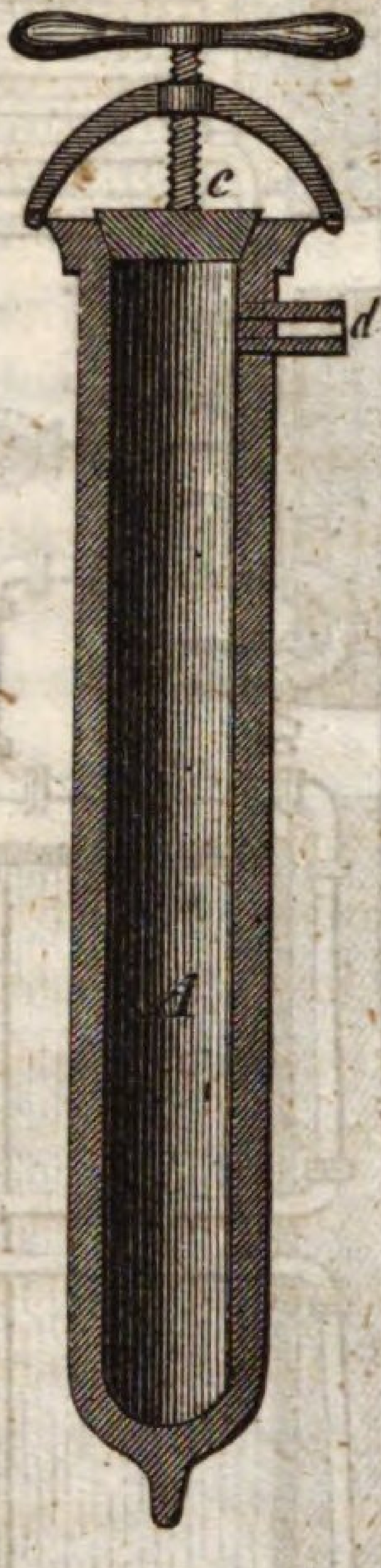
Steinkohlengas. *Steinkohlengas.* Die Steinkohlen, eine unschätzbare Gabe der Natur, sind in der mannigfaltigsten Beziehung für jeden Staat vom grössten Werth. Sie sind für manche Länder und Gegenden eine Hauptgrundlage des Wohlstandes und der kräftigste Hebel der Industrie und des Verkehrs. Was wäre England ohne seine Steinkohlen? Steinkohlen spielen in der britischen Industrie eine Hauptrolle; sie haben diesem Reich entschiedeneren Gewinn gebracht, als Spanien durch alle Gold- und Silberschätze Peru's sich erwarb.

Die Steinkohlen bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, kleinen Mengen von Stickstoff, Schwefelkies und anderen mineralischen Bestandtheilen. In technischer Beziehung unterscheidet man *Backkohlen*, die sich beim Erhitzen erweichen und aufblähen, *Sandkohlen*, die beim Erhitzen nur eine Volumenverminderung zeigen, und endlich *Sinterkohlen*, welche beim Erhitzen zusammensintern und zusammenfallen. Die Backkohlen zeichnen sich durch grossen Wasserstoffgehalt aus (sie enthalten auf 1000 Aequiv. Kohlenstoff 375 — 400 Aequiv. Wasserstoff) und sind deshalb die zur Leuchtgasfabrikation geeignetsten Kohlen; unter diesen zeichnet sich wieder die Cannelkohle aus, die nur in einigen Gegenden des britischen Reiches, so z. B. in Lancashire im Norden Englands und auch in Schottland in der Nähe von Glasgow gefunden wird. Der Name rührt von der hellen Flamme her, mit welcher sie brennt. Aermere Volksklassen verrichten beim Scheine derselben ihre häuslichen Geschäfte; nun heisst *Candle* eine Kerze, also Kerzenkohle. Der Cannelkohle steht die Kohle von Newcastle sehr nahe. In Frankreich und Belgien wendet man die Kohle von Mons und Commentry, in Deutsch-

land sächsische, schlesische und rheinische Kohlen an. Die zur Gasfabrikation sich eignenden Kohlen dürfen nur sehr wenig Schwefel enthalten und nach dem Verbrennen nur sehr geringe Mengen Asche hinterlassen. 100 Kilogramme der besten Backkohlen geben 50 bis 57,5 Kubikmeter Gas und hinterlassen 60 — 71 Kilogramme Kohle (Koks). Dem Volumen nach rechnet man von 100 Volumen Backkohle 100—140 Volumen Koks.

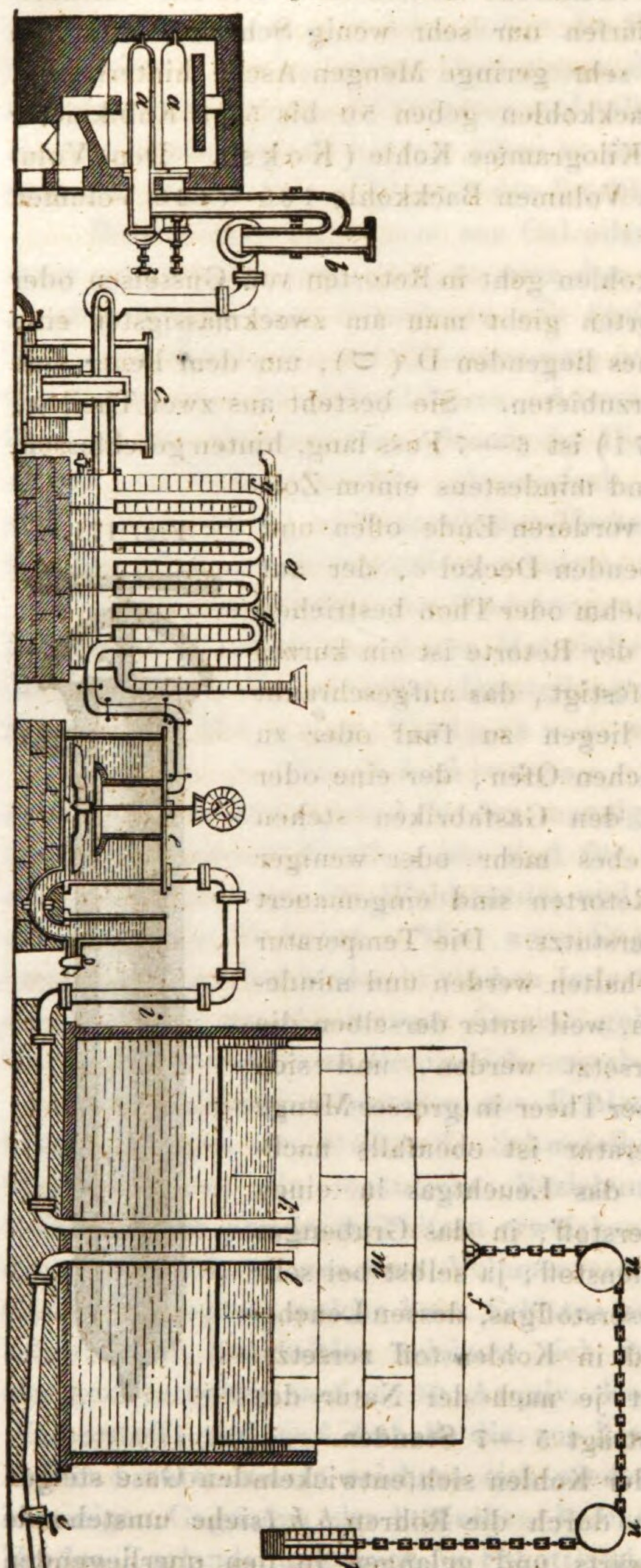
Die Destillation der Steinkohlen geht in Retorten von Gusseisen oder von Thon vor sich. Den Retorten giebt man am zweckmässigsten eine ovale Form oder die Gestalt eines liegenden D (⊃), um dem Feuer eine möglichst grosse Oberfläche darzubieten. Sie besteht aus zwei Theilen; der cylindrische Theil *A* (Fig. 171) ist 6 — 7 Fuss lang, hinten geschlossen, von einem Fuss Durchmesser und mindestens einem Zoll Stärke. Der Cylinder ist am vorderen Ende offen und wird durch einen aufzuschraubenden Deckel *c*, der auf der inneren Seite mit feuchtem Lehm oder Thon bestrichen ist, verschlossen. An der Seite der Retorte ist ein kurzes röhrenförmiges Mundstück *d* befestigt, das aufgeschraubt werden kann. Die Retorten liegen zu fünf oder zu sieben in einem gemeinschaftlichen Ofen, der eine oder mehrere Feuerungen hat. In den Gasfabriken stehen je nach der Grösse des Betriebes mehr oder weniger Ofen neben einander. Die Retorten sind eingemauert und an mehreren Punkten unterstützt. Die Temperatur muss möglichst gleichförmig erhalten werden und mindestens die der Rothglühhitze sein, weil unter derselben die Destillationsproducte nicht zersetzt werden, und sich wenig oder keine Gase, wohl aber Theer in grosser Menge bildet. Eine zu hohe Temperatur ist ebenfalls nachtheilig, da bei derselben sich das Leuchtgas in einen wenig leuchtenden Kohlenwasserstoff, in das Grubengas und in sich abscheidenden Kohlenstoff, ja selbst bei sehr gesteigerter Temperatur in Wasserstoffgas, dessen Leuchtvermögen gleich Null ist, und in Kohlenstoff zersetzt. Die Dauer der Destillation ist je nach der Natur der Steinkohlen verschieden; sie beträgt 5 — 7 Stunden.

Fig. 171.




Die bei der Destillation der Kohlen sich entwickelnden Gase steigen nebst den verflüchtigten Stoffen durch die Röhren *b b* (siehe umstehende Fig. 172 nächste Seite) aufwärts und gelangen in den querliegenden Cylinder *c*, in welchem sich Theer und Theerwasser condensiren. Beide fliessen durch das knieförmig gebogene Rohr in die Theercisterne *c* ab. Nach dieser ersten Abscheidung der verdichtbaren Substanzen gelangt das Gas in den Kühlapparat oder Condensationsapparat (Condenser), dessen Zweck es ist, dem Gase möglichst alle bei gewöhnlicher Temperatur

Fig. 172.



verdichtbaren Beimengungen zu entziehen. Dieser Apparat kann sehr verschieden eingerichtet sein. Zu unserer Zeichnung besteht derselbe aus einem grossen eisernen Kasten *d* mit doppeltem Boden, in dessen oberem Boden eine grosse Anzahl heberförmig gebogener eiserner Röhren eingesetzt ist. Der Raum zwischen beiden Böden ist durch Querwände, die etwas vom unteren Boden abstehen, so getheilt, dass nur zwei, verschiedenen Röhren angehörige Schenkel communiciren können. Auf der einen Seite fliesst kaltes Wasser ein, während das warm gewordene auf der anderen Seite oben abfliesst. Der verdichtete Theer sammelt sich am Boden des Kastens und wird von da in die Cisterne abgelassen.

Aus dem Condenser tritt das rohe Gas in den Reinigungsapparat. Vorher häufig in einen besonderen Apparat, den Scrubber, ein mit Koksstückchen gefüllter Cylinder, in welchem von Oben ein Wasserstrahl eintritt, welcher dem Gase den grössten Theil des Ammoniaks entzieht. So wie das Gas aus dem Condenser tritt, besteht es aus ölbildendem Gas (dem Hauptleuchtstoff des Leuchtgases), aus 6 Th. Kohlentoff und 1 Th. Wasserstoff bestehend, den beiden mit dem ölbildenden Gase polymeren Kohlenwasserstoffen Propylen (Tritylen $C_6$ $H_6$) und Butylen (Tetrylen $C_8$ $H_8$). Grubengas (Sumpfgas oder Metylwasserstoff, $C_2$ $H_4$ enthält 3 Th.

Kohlenstoff und 1 Th. Wasserstoff), dem Hauptbestandtheil des Gases der Menge nach, obgleich nur wenig leuchtend, Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas, Kohlensäuregas, Dämpfen von flüssigen Kohlenwasserstoffen (Benzol $C_{12}$ $H_6$, Toluol $C_{14}$ $H_8$, Xylol $C_{16}$ $H_{10}$ u. s. w.) und von Schwefelkohlenstoff (Einfach und Zweifach-Schwefelkohlenstoff), Schwefelwasserstoffgas, Cyan, Schwefelcyan (Rhodan), Ammoniak und einigen ammoniakähnlichen Körpern wie Anilin, Leukol und Picolin, die in chemischer Beziehung sich dem Ammoniak ähnlich verhalten. Ehe das Gas benutzt werden kann, muss es von einigen dieser unnützen und schädlichen Bestandtheile befreit werden. Namentlich sollen die beigemengten Schwefelverbindungen, das Ammoniak und die Kohlensäure entfernt werden. Die Schwefelverbindungen verdanken dem fast allen Steinkohlen beigemengten Schwefelkies ihre Entstehung und liefern beim Verbrennen schweflige Säure, die auf die Gesundheit nachtheilig einwirkt und sich wegen ihrer bleichenden Wirkung in Seidenfärbereien sehr schädlich erwiesen hat. Daher ist die Entfernung dieser Verbindungen überaus wichtig. Leider ist es bis jetzt noch nicht gelungen, den Schwefelkohlenstoff vollständig aus dem Gase auszuscheiden.

Das am häufigsten angewendete Reinigungsmittel für Steinkohlengas ist Kalk; ehe man aber das Gas durch den Kalk leitet, führt man dasselbe durch Wasser, welches Schwefelsäure enthält, um das Ammoniak und die in dem Gas enthaltenen ähnlichen Körper (Anilin, Leukol, Picolin) zu absorbiren. Die Kalkreinigung besteht darin, dass man das Gas durch eine trichterförmige Erweiterung in einen mit Kalkmilch gefüllten cylindrischen, eisernen Behälter *e* treten lässt. Der Weg, den das Gas zurückzulegen hat, wird mit Hülfe eines Rührapparates verlängert. Dadurch werden einerseits die aufsteigenden Gasblasen gezwungen, langsam in langen schraubenförmigen Linien aufzusteigen, andererseits die Kalktheilchen fortwährend aufgerührt. Ob das Gas alles Schwefelwasserstoffgas verloren hat, prüft man mittelst eines an der Seite angebrachten Hahnes. Ist die geringste Menge von Schwefelwasserstoff noch in dem Gase vorhanden, so wird ein über den geöffneten Hahn gehaltenes mit Bleiessig überstrichenes Papier sogleich gebräunt oder geschwärzt. Ist dies der Fall, so beginnt die Reinigung durch Kalk von Neuem. In der neueren Zeit wendet man zweckmässig anstatt des Kalkes eine verdünnte Aetznatronlösung an oder nach Graham ein Gemenge von Kalkhydrat und Glaubersalzlösung. Der bei der Reinigung mit Kalk abfallende Gaskalk ist zum Anschwöden der Häute in der Weissgerberei brauchbar. Häufig benutzt man auch zum Reinigen des Gases Metallsalze, namentlich das Manganchlorür, das als Nebenproduct bei der Chlorkalkfabrikation gewonnen wird. Das Mangan entfernt das Schwefelwasserstoffgas und die Kohlensäure vollständig, indem unlösliches Schwefelmangan und kohlensaures Manganoxydul niedergeschlagen werden, während das Chlor sich mit dem Ammoniak verbindet und Salmiak liefert, der gegenwärtig ein werthvolles Nebenproduct der Gasfabrikation abgiebt. Anstatt des Man-

ganchlorürs wendet man zum Reinigen des Gases ferner an: Manganvitriol, Bleivitriol, Eisenvitriol oder das sogenannte Laming'sche Mittel — ein Gemenge von Gyps, Eisenoxyd und Sägespänen.

Nach der Reinigung wird das Gas vermittelst des Rohres in das Gasometer *m* geleitet.

Zwei Nebenproducte der Steinkohlengasfabrikation sind die in der Theercisterne befindlichen Flüssigkeiten, aus einer wässerigen Ammoniaklösung und aus Theer bestehend. Das Gaswasser giebt durchschnittlich 2 pCt. Salmiak. Der Steinkohlentheer wird vortheilhaft zum Anstreichen von Holz und Metall gebraucht. Man destillirt auch ein flüchtigeres Oel ab, welches als Steinkohlentheeröl das Hauptmaterial zur Auflösung von Kautschuk abgiebt. Der bei der Destillation zurückbleibende Rückstand giebt mit Kalk oder Sand gemengt einen künstlichen Asphalt, der zur Pflasterung und zur Dachbedeckung Anwendung findet. Das Steinkohlentheeröl ist ein Gemenge von vielerlei Körpern. Derjenige Theil, welcher bei der Destillation zuerst übergeht und auf Wasser schwimmt, das leichte Oel genannt, dient unter dem Namen Benzol (es ist ein Gemenge von Benzol $C_{12} H_6$ mit Toluol $C_{14} H_8$, Xylol $C_{16} H_{10}$, Cumol $C_{18} H_{12}$, Cymol $C_{20} H_{14}$ etc.) als Leuchtmaterial in Lampen, als Lösungsmittel für Gutta Percha und Kautschuk, so wie zur Darstellung des künstlichen Bittermandelöls (vergl. Seite 488). Das bei 160 bis 190° aus dem Steinkohlentheer übergehende schwere Oel enthält wesentlich Phenol (phenylige Säure oder Carbolsäure) ($C_{12} H_6 O_2$) und wird durch Behandeln mit Salpetersäure in Pikrinsäure, eine zum Gelbfärben in der Seidenfärberei angewendete Substanz (vergl. Seite 553), übergeführt.

Die Anwendung des Hauptproductes der Gasfabriken, der Koks, als werthvolles Heizmaterial überall da, wo starke Hitze ohne Flamme nothwendig ist, ist bekannt.

In Paris erhielt man aus 1200 Kilogramm (= 2400 Pfund) Steinkohlen von Mons:

270 Kubikmeter (= 10,854 Kubikfuss) Gas,
2000 Liter Koks,
120 Liter Kohlenklein,
68 Kilogramm Steinkohlentheer,
100 Liter Gaswasser.

In englischen Fabriken erhielt man aus 100 Pfund Steinkohlen 200—600 Kubikfuss Gas, 8 Kilogramm Theer und 10 Liter Gaswasser.

Die gewöhnliche Zusammensetzung eines gereinigten Steinkohlengases aus Cannelkohle war:

| | |
|---|---|
| ölbildendes Gas und andere leuchtende Kohlenwasserstoffe | 10,81 |
| Grubengas . . . . . . . . . . . . . . . . | 41,99 |
| Wasserstoffgas . . . . . . . . . . . . . . . . | 35,94 |
| Kohlenoxydgas . . . . . . . . . . . . . . . | 10,07. |

Holzgas. Holzgas. Seit den Zeiten von Lebon hat man öfters versucht, Gas aus Holz darzustellen, aber aus nahe liegendeu Gründen nie anderes Gas, als von sehr dürftiger Leuchtkraft erhalten. Trockenes Holz enthält nämlich 42—45 pCt. Sauerstoff, welche bei der gewöhnlichen Destillation fast gänzlich als Kohlenoxyd in das Gas übergehen. Nach einer der neueren Zeit angehörenden Erfindung des Prof. Pettenkofer in München ist die Erzeugung des Kohlenoxydgases keine Nothwendigkeit und kann durch eine geeignete Modification vermieden und so ein für praktische Anwendung genügend leuchtkräftiges Gas erhalten werden. Mit der Pettenkofer'schen Erfindung ist die Holzverkohlung zum Beleuchtungsgeschäft herangezogen, und einer Hauptbedingung, der Wohlfeilheit, genügt das Gas lediglich dadurch, dass es mit einem werthvollen und leicht verwerthbaren Product, der Holzkohle, entsteht. Die Holzgasbeleuchtung wurde zuerst auf dem Münchner Bahnhof benutzt, und hat auch neuerdings in den Städten Würzburg, Coburg, Heilbronn, Pforzheim, Basel und vielen anderen Städten Eingang gefunden. Die Vortheile der Holzgasbeleuchtung vor der Steinkohlengasbeleuchtung sind: 1) Grössere Wohlfeilheit der Gaserzeugung verbunden mit der Anlage von weniger Retorten und leichterer Bedienung, welche grössere Wohlfeilheit nach den bisherigen Erfahrungen zu $^2/_3$ der Kosten gegen jene bei der Steinkohlengasbeleuchtung veranschlagt werden kann; 2) grössere Reinheit des Gases, namentlich Freisein des Gases von Schwefel, wodurch die Anwendung des Holzgases auch in solchen Räumen möglich wird, wo der Schwefelgehalt nachtheilig einwirkt, wie in Treibhäusern, Wintergärten, Seidenfärbereien u. s. w. Die leichte Verwerthbarkeit der Nebenproducte: Kohlen, Holztheer und Holzessig ist bei der Holzgasfabrikation ebenfalls sehr zu berücksichtigen. Diese Gasbereitung bedingt nicht die Verwendung von besonders gutem Holze, es können dazu vielmehr Holzabfälle jeder Art und auch solche Holzgattungen, die ausserdem nicht zum Brennholz benutzt werden, wie die Latschen auf den Torfmooren Südbayerns angewendet werden. Ein Centner lufttrocknes Holz gab in 1 bis $1^1/_2$ Stunden Destillationszeit 709—759 Kubikfuss Gas, wobei 74 Pfd. Torf als Brennmateriel verwendet und 19—20 Pfd. Holzkohle erhalten wurden.

Holzgas aus möglichst harzfreiem Fichtenholze zeigte sich nach Pettenkofer's Analyse zusammengesetzt:

| | a) ungereinigt. | b) gereinigt. |
|---|---|---|
| ölbildendes Gas . . . | 7,93 | 10,57 |
| Grubengas . . . . . | 25,32 | 33,76 |
| Kohlenoxydgas . . . | 28,21 | 37,62 |
| Wasserstoffgas . . . | 13,53 | 18,05 |
| Kohlensäure . . . . . | 25,01 | —. |

Das gereinigte Torfgas ist, wie folgende von W. Reissig (1859) angestellte Analyse eines guten Gases zeigt, zusammengesetzt:

| | | |
|---|---|---|
| I. Schwere Kohlenwasserstoffe . . . . . | = 9,52 | pCt. |
| Leichtes Kohlenwasserstoffgas . . . . | = 42,65 | „ |
| Wasserstoffgas . . . . . . . . . . | = 27,50 | „ |
| Kohlenoxydgas . . . . . . . . . . | = 20,33 | „ |
| Kohlensäure und Schwefelwasserstoff . | = Spuren | „ |
| | 100,00 | |

Die Analyse eines andern, mit vorzüglichem Torfe bereiteten Gases gab:

| | | | |
|---|---|---|---|
| II. Schwere Kohlenwasserstoffe | Elayl = 9,52; Ditetryl = 3,64 | = 13,16 | pCt. |
| Leichtes Kohlenwasserstoffgas . . . . . | | = 33,00 | „ |
| Wasserstoffgas . . . . . . . . . . . . | | = 35,18 | „ |
| Kohlenoxydgas . . . . . . . . . . . . | | = 18,34 | „ |
| Kohlensäure und Schwefelwasserstoff . . . | | = 0,00 | „ |
| Stickstoff . . . . . . . . . . . . . . | | = 0,32 | „ |
| | | 100,00 | |

Theorie der Holzgasbereitung.

Das Princip der Darstellung von Leuchtgas aus Holz und Torf besteht darin, dass die durch die trockne Destillation anfänglich sich bildenden Dämpfe einer noch höheren Temperatur ausgesetzt werden, als diejenige ist, bei welcher sie entstehen. Dies wird am besten auf die Weise bewerkstelligt, dass man die aus der Cellulose bereits bei 150—200⁰ sich bildenden Dämpfe über glühende Flächen führt, wodurch die Dämpfe in permanente Gase zersetzt werden, die so viel an Wasserstoff gebundenen Kohlenstoff enthalten, dass die Flamme von ausgezeichnetem Leuchtvermögen ist.

Es wäre längst gelungen, aus Holz, Torf u. s. w. ein leuchtendes Gas darzustellen, wenn man bedacht hätte, dass die Dämpfe aus denselben schon bei sehr niedriger Temperatur (aus Holz schon bei 150⁰ C.) entstehen. Bei dieser Temperatur entwickeln sich aus Steinkohlen, Oel, Harz u. s. f. noch gar keine Gase und entsteht demnach auch aus diesen kein Leuchtgas. Wir unterscheiden zuerst mit Schärfe und Bestimmtheit zwischen jener Temperatur, bei welcher Holz oder Torf in Kohle und Dämpfe zerlegt werden (*Temperatur der Verkohlung*), und zwischen derjenigen Temperatur, bei welcher die entstandenen Dämpfe zu *permanentem Leuchtgas* zersetzt werden.

Aus Steinkohlen, Harz u. s. w. wurde in den bisherigen Vorrichtungen der Fabriken deshalb ein brauchbares Leuchtgas erhalten, weil die Dämpfe bei ihrem Entstehen schon eine viel höhere Temperatur haben, als die Dämpfe aus Holz, demnach nur wenig noch höher erhitzt werden müssen, um zu brauchbarem Leuchtgas zersetzt zu werden, oder mit anderen Worten, weil die Temperaturen der *Verkohlung* und *Leuchtgasbildung* sich viel näher liegen, als bei Holz und Torf. Die für diese Eigenschaften der Steinkohlen-, Oel- und Harzdämpfe passenden Apparate finden wir deshalb auch bei weitem nicht ausreichend, um Leuchtgas aus Holz zu erhalten. Von den in dem Holztheer sich vorfindenden kohlen- und wasserstoffreichen Substanzen haben manche für sich einen viel höheren

Siedepunkt (200—250° C.), bei dem sie sich, ohne chemische Zersetzung zu erleiden, destilliren lassen, als diejenige Temperatur ist, bei welcher sie aus dem Holze entstehen. Vorzüglich in ihnen ruht die Leuchtkraft und es müssen dieselben durch noch höhere Temperatur zu kohlenstoffreichen permanenten Gasen zersetzt werden.

Bei der Holzgasbereitung hat man einen Raum für die Zersetzung der Pflanzenfaser (Holz, Torf u. s. w.), Retorte, von der Form der gewöhnlichen Gasretorten, und nebst diesem einen eigenen Raum für die Zersetzung der primitiv entstehenden Dämpfe zu Leuchtgas; letzterer, der *Generator*, befindet sich unmittelbar über und unter dem ersteren. Nachdem die Holzdämpfe die Retorte verlassen haben, gehen sie noch sieben Mal in den Gängen des Generators hin und her und machen hierbei noch einen Weg von 60 Fuss im Feuer des Ofens. Die Form des Generators kann natürlich verschieden sein. Es kann selbst die Retorte allein, wenn auch unvollkommen, die Function des Generators dann verrichten, wenn sie nur mit sehr wenig Holz beschickt wird, und dadurch eine hinlänglich grosse glühende Fläche von den Holz- oder Torfdämpfen bestrichen wird, wodurch leuchtendes Gas entsteht.

Aus dem angeführten Princip der Destillation ist es auch erklärlich, wie aus *einem Pfund* Holz, anstatt früher $3^1/_2$ Kubikfuss, nun 6 und mehr Kubikfuss Gas erhalten werden können, und von einer Leuchtkraft, dass ein Brenner, der stündlich 5 Kubikfuss von diesem Gase verzehrt, die Helligkeit von 14—18 Wachskerzen (5 = 1 Pfd.) je nach der Qualität des Holzes verbreitet. (Das aus dem Generator tretende Gas enthält Kohlensäure in ziemlich bedeutender Menge, von welcher es durch Kalkhydrat vollkommen befreit werden muss, damit seine Leuchtkraft nicht verringert werde). Es ist übrigens kein grosser Unterschied in der Quantität und Qualität des Gases, wenn man verschiedene Holzarten zur Destillation verwendet, z. B. zwischen 1 Pfd. Buchen- und 1 Pfd. Föhrenholz. Von harzhaltigem Holz erhält man jedoch stets etwas mehr Gas als von Laubholz.

Harzgas. **Harzgas.** Seitdem das Colophonium billig und in grosser Menge aus Nordamerika auf den europäischen Markt gebracht wird, hat man angefangen, dieses Harz in einigen Städten, wie in Paris, Manchester, Frankfurt a. M., u. s. w. zur Darstellung des Leuchtgases anzuwenden. Wenn man Colophonium für sich destillirt, so erhält man eine Flüssigkeit, welche dem Terpentinöl sehr ähnelt, und Harzöl genannt wird. In der Nähe der Rothglühhitze wird dieses Oel in gasförmige Producte zersetzt, die reich an ölbildendem Gase sind. Bei dem gewöhnlichen Apparat der Darstellung des Harzgases wird das Colophonium in dem Raume *e* (Fig. 173 siehe nächste Seite) geschmolzen, und tröpfelt im geschmolzenen Zustande durch die Röhre *f* bei *b* in die Retorte *A*, in welcher sich Koksstückchen befinden. Die entstandenen flüchtigen Producte werden zunächst in einen mit kaltem Wasser umgebenen Behälter *c* geleitet, in welchem sich der grösste Theil des dem Gase beigemengten Harzöles niederschlägt. Das Gas wird dann durch das Leitungsrohr

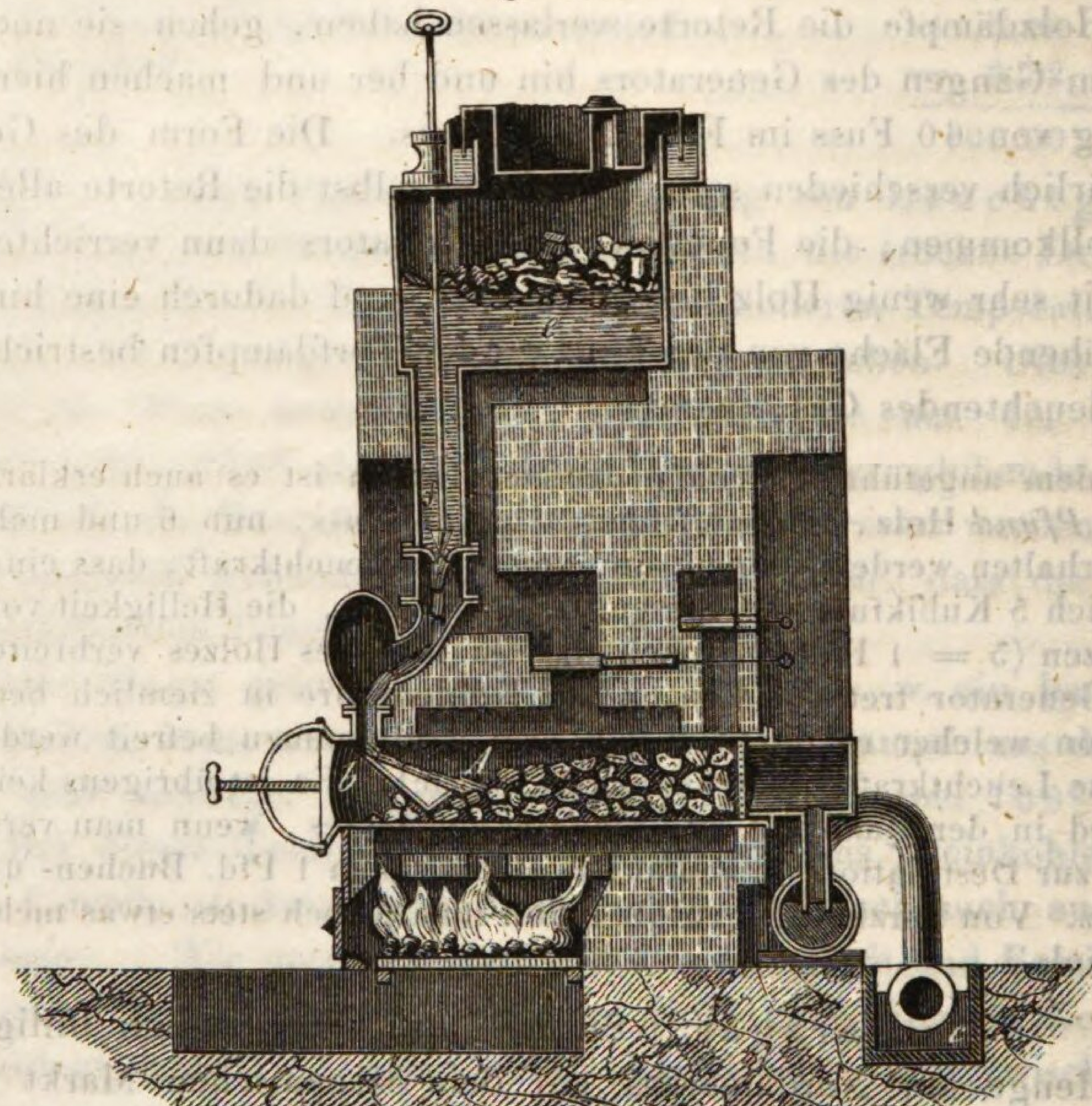
in den Condenser und von da, um die darin bis zu 8 pCt. enthaltene Kohlensäure abzuscheiden, durch eine Lösung von Aetznatron geleitet.

Harzgas zu Manchester dargestellt, bestand in 100 Volumen aus:

| | |
|---|---|
| ölbildendem Gas . . | 8,13 |
| Grubengas . . . . | 29,71 |
| Wasserstoffgas . . . | 43,38 |
| Kohlenoxydgas . . . | 18,78. |

100 Pfund Harz geben ungefähr 1300 Kubikfuss Gas.

Fig. 173.



Oelgas. Nur der Umstand, dass jedes schlechte, übelriechende und zu nichts Anderem mehr nutzbare Oel oder Fett noch zur Glasfabrikation benutzt werden kann, macht in einzelnen Fällen die Verwendung des Oeles zur Darstellung des Gases vortheilhaft. Die Oelgasbeleuchtung eignet sich besonders für einzelne Gebäude wie Fabriken u. s. w., weil die Fabrikation des Oelgases weit einfacher ist, als die jedes anderen Gases. Es sind Fälle bekannt, wo die Beleuchtung mit Oelgas sich schon durch die bessere Controle und die Sicherheit vor Veruntreuung als rentabel erwiesen hat. So wird z. B. die Stadt Rheims durch Fett beleuchtet, welches man aus Seifenwasser, vom Entfetten der Wolle herrührend, durch Zersetzen desselben mittelst Säure erhält.

Zur Darstellung wendet man auch hier eiserne Retorten an, füllt dieselben mit Koks- oder Ziegelsteinstückchen und lässt das Oel oder den geschmolzenen Talg aus einem über dem Ofen befindlichen Kasten durch ein Rohr in einem feinen Strahl in die Retorten fliessen, sobald diese mit ihrem Inhalt die gehörige Hitze erlangt haben. Das Oel oder geschmolzene Fett breitet sich auf den Koks- oder Ziegelsteinstückchen aus und erleidet die der Temperatur entsprechende Zersetzung. Die dabei gebildeten Gase werden durch ein am anderen Ende der Retorte aufsteigendes Rohr in den luftdichten grossen Oelbehälter geleitet, aus welchem die zuvor erwähnten Kasten über den Retorten mit Oel gespeist werden. In diesem grossen Behälter setzt das durchströmende Gas alle nicht völlig zersetzten und mit fortgerissenen Fetttheile ab, während das Gas unmittelbar in das Gasometer geleitet wird. Da sich allmälig die Poren der Koks- oder Ziegelsteinstückchen mit Graphit füllen, so muss der Inhalt der Retorten von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Das Oelgas ist verschieden zusammengesetzt und verschieden leuchtend, je nachdem eine höhere oder niedrigere Temperatur zur Zersetzung des Oeles angewendet worden ist. Die Zusammensetzung des Oelgases, bei verschiedenen Temperaturen erhalten, ist in 100 Volumen folgende: 1. und 2. stellt die Zusammensetzung von Gas dar, das in lebhafter Rothglühhitze erzeugt worden ist, 3. die Zusammensetzung von, bei möglichst niedriger Temperatur erzeugtem Gas, 4. die Zusammensetzung von Thrangas:

| | Spec. Gewicht. | Oelbildendes Gas. | Grubengas. | Kohlenoxydgas. | Wasserstoff. | Stickstoff. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0,464 | 6 | 28,2 | 14,1 | 45,1 | 6,6 |
| 2. | 0,590 | 19 | 32,4 | 12,2 | 32,4 | 4 |
| 3. | 0,758 | 22,5 | 50,3 | 15,5 | 7,7 | 4 |
| 4. | 0,906 | 38 | 46,5 | 9,5 | 3,0 | 3 |

In Bezug auf die vorstehende Tabelle ist indessen anzuführen, dass die Leuchtkraft des Oelgases ebenso wenig wie die des Steinkohlengases allein vom ölbildenden Gase herrührt. Beide enthalten nicht unbedeutende Mengen ölartiger Dämpfe, deren Leuchtkraft der des ölbildenden Gases gleichkommt.

Gas aus anderen Substanzen. Ausser den genannten Materialien: Steinkohlen, Holz, Harz und Oel sind auch noch andere Körper wie thierische Abfälle, Excremente, Torf und der ausgezogene Hopfen der Bierbrauereien zur Fabrikation von Leuchtgas benutzt worden; diese Substanzen haben aber eine ganz beschränkte, nur auf bestimmte Umstände in einzelnen Etablissements gegründete Anwendung.

Schiefergas. Eine andere Methode, Gas aus Schieferöl (*Essence de schiste*), das man aus bituminösem Schieferthon *) destillirt, unter gleichzeitiger Zersetzung von Wasser, darzustellen, welche man nach ihrem

---

*) Solcher Schieferthon findet sich auch in Deutschland in reichlicher Menge vor. Ein solches Schieferlager tritt z. B. in dem Stufenlande längs des Gebirgs-

Erfinder die Selligue'sche Methode genannt hat, ist in Bezug auf die Consequenzen, die sich aus dem dabei befolgten Principe ziehen lassen, von grosser Wichtigkeit. Das Princip dieser Methode bildet das White'sche in England patentirte Verfahren. Der dazu benutzte Apparat besteht aus je zwei Retorten. In der einen Retorte strömt ein dünner Wasserstrahl auf glühende Holzkohlen oder Koks; die Zersetzungsproducte gehen mit vielem überschüssigem Wasserdampf gemengt in die zweite Retorte, in welcher die Destillation des eigentlichen Gasmaterials — entweder Harz oder Steinkohle — stattfindet. Das erzeugte Gas geht aus der Vorlage durch den Condenser und die Kalkreiniger in das Gasometer. Der Vortheil des White'schen Verfahrens besteht in grösserer Ausbeute und besserer Qualität des Gases. Durch das Einströmen des Wasserdampfes auf die Koks- oder Holzkohlen bilden sich Kohlenoxydgas und Wasserstoff, zwei Körper, die der herrschenden Meinung zuwider auf die Leuchtkraft des Gases von günstigem Einflusse sind. Der Zuwachs der Gasausbeute besteht aus diesen beiden Körpern. Der Hauptvortheil des White'schen Verfahrens ist aber wesentlich in der mechanischen Wirkung der Wasserzersetzungsproducte zu suchen. Beim Durchströmen durch die Harz- oder Steinkohlenretorte führen sie nämlich die gebildeten leuchtenden Kohlenwasserstoffe rasch aus dem Bereiche der Rothglühhitze, worin diese sonst theilweise unter reichlichem Absatz von Kohle zersetzt werden würden, und bieten den im Theer enthaltenen flüssigen Kohlenwasserstoffen Gelegenheit dar, sich zu mischen und den leuchtenden Bestandtheilen des Gases bleibend beizugesellen. Das White'sche Verfahren oder der Hydrocarbonprocess liefert bei Steinkohlen je nach deren Beschaffenheit eine um 46 bis 290 pCt. höhere Gasausbeute, eine um 14 — 108 pCt. vermehrte Leuchtkraft und eine verminderte Ausbeute an Theer. Es lässt sich ferner in jeder Gasanstalt ohne besondere Umstände und Kosten einführen.

White's Verfahren.

Wasserstoffgas als Leuchtmaterial.

Es sind in der neueren Zeit vielfache Versuche über die Anwendbarkeit des Wasserstoffgases zur Beleuchtung gemacht worden. Gillard schlug z. B. vor, Wasserstoffgas durch Zersetzen von Wasserdampf vermittelst Hindurchleiten durch eine Retorte mit glühenden Kohlen darzustellen, dieses Gas (aus Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd bestehend) in dem geeigneten Verhältnisse mit atmosphärischer Luft zu mischen, und in die Flamme einen Cylinder von feinem Platindraht ein-

landes der schwäbischen und fränkischen Alp vom Rhein bis zum Main in einer Ausdehnung von mehr als 60 Meilen auf, und dieser Schatz ruht todt im Schooss der Erde. Ueber dem schwarzen festen Schiefer, den man an einigen Orten zum Bauen verwendet, ruht eine mindestens 8 Fuss mächtige Schicht eines schwarzen Mergelschiefers, die Begräbnissstätte von Millionen vorweltlicher Thiere, in Folge deren Zerstörung die Schieferschicht wie mit Oel getränkt ist. Die Natur selbst hat Fingerzeige gegeben, diesen Schatz zu heben, indem zur Zeit Eberhard III. (1628 bis 1674) durch Fahrlässigkeit in einer Schiefergrube Feuer entstand, das erst nach sechs Jahren erlosch.

zusetzen, der durch sein Erglühen Licht entwickelt. — Wenn es gelingen sollte, Wasserstoffgas auf wohlfeile Weise durch Elektrolyse des Wassers, vielleicht vermittelst Rotationsmaschinen, herzustellen, so wäre allerdings ein bedeutender Fortschritt in Bezug auf die Darstellung eines normalen Leuchtmaterials geschehen. Indem man nämlich Wasserstoffgas durch flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzol strömen lässt, wird es leuchtend.

Leuchtkraft des Gases.

Was nun die Beziehung der Leuchtkraft eines Gases zu seiner Zusammensetzung anbelangt, so hat man bisher meistens angenommen, dass man die Leuchtkraft eines Gases besonders dem ölbildenden Gase und dem Grubengase zuschreiben müsse, indem man das Kohlenoxyd und den Wasserstoff als nutzlos ansah. Der englische Chemiker Frankland hat aber gezeigt, dass auch das Grubengas aller Leuchtkraft entbehrt, dass dagegen die nicht leuchtenden Gase einen entschiedenen Nutzen in der Gasbeleuchtung haben. Untersucht man zunächst alle Bestandtheile, die ein gereinigtes Leuchtgas hat, so findet man: Wasserstoff, Grubengas, Kohlenoxydgas, ölbildendes Gas und andere Kohlenwasserstoffe von derselben Zusammensetzung wie das ölbildende Gas, so wie die Dämpfe von flüssigen Kohlenwasserstoffen, deren Kohlenstoffgehalt das Doppelte von dem des ölbildenden Gases beträgt. Von den geringen Mengen Sauerstoff, Stickstoff, Schwefelkohlenstoff etc. kann man absehen. Demnach lassen sich die Bestandtheile des Leuchtgases in zwei Klassen theilen:

1) Leuchtende Gase: ölbildendes Gas nebst den damit polymeren Kohlenwasserstoffen (Propylen, Butylen) und Dämpfen flüssiger Hydrocarbüre (Benzol, Toluol, Xylol, Cumol, Cymol).

2) Nicht leuchtende Gase: Wasserstoffgas, Grubengas, Kohlenoxyd.

Die zweite Klasse hat keinen directen Einfluss auf die Leuchtkraft der Flamme, ist aber als Verdünnungsmittel der ersten Klasse unentbehrlich, weil die in dieselbe gehörenden Gase zum Theil ohne solche Verdünnung mit Russ und Rauch brennen und so an Leuchtkraft einbüssen. Es kommt daher sehr auf ein möglichst richtiges Mischen von beiderlei Gasen an, wenn man darnach strebt, das zweckmässigste Leuchtgas zu erhalten. Man hat durch Versuche ermittelt, dass das nicht leuchtende Gas so viel als möglich in Wasserstoff und so wenig wie möglich in Kohlenoxyd und Grubengas bestehen muss.

Die Aufsammlung und Vertheilung des Gases.

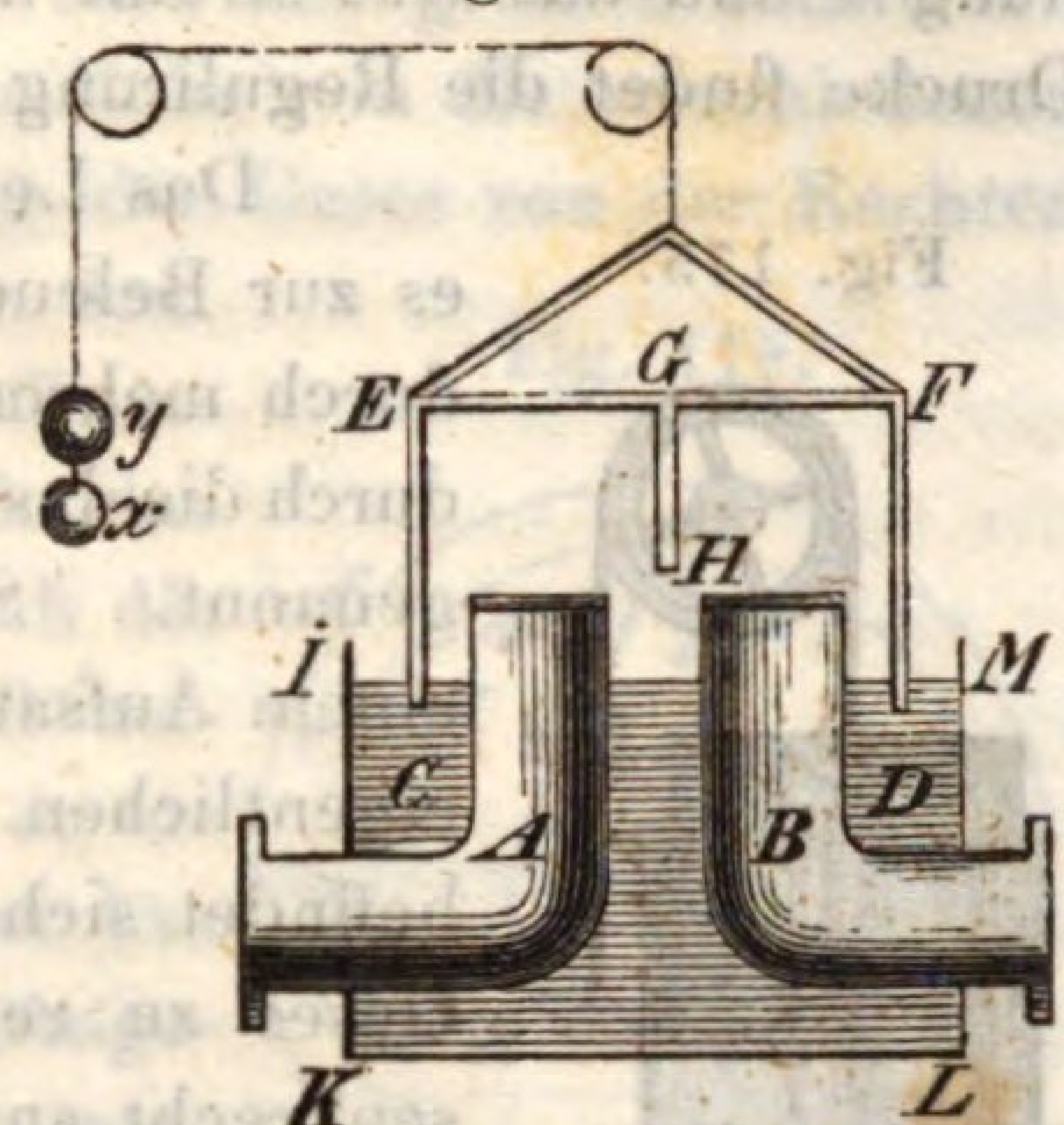
Die Erzeugung des Gases geht nicht mit der Consumtion Hand in Hand, da gewöhnlich das Gas nicht nur zu verschiedenen Stunden, sondern auch in ganz anderer Quantität verbraucht wird, als es die Retorten in derselben Zeit liefern. Der Druck endlich, unter welchem das Gas aus den Retorten strömt, würde für eine Gasflamme ungleich und zu gross sein. Um den Anforderungen zu genügen, muss eine Ausgleichung zwischen der Production und Consumtion stattfinden. Zu diesem Zwecke dienen die grossen Gasreservoire, die man fälschlich Gasometer nennt.

Mittelst des Rohres *i* führt man das gereinigte Gas in das Gasometer (siehe Fig. 174). Ein Gasometer besteht aus einem cylindrischen, oben geschlossenen Kasten aus Eisenblech, der mit seinem oberen Ende in einen etwas grösseren mit Wasser gefüllten Behälter taucht. Er ist zum Schutze gegen Rost mit heissem Steinkohlentheer angestrichen. Das Rohr *k*, welches bis über den Wasserspiegel reicht, führt das Gas zu; durch dasselbe wird der Theil *m* in die Höhe gehoben, so dass man aus der Stellung desselben die darin befindliche Gasmenge beurtheilen kann. Durch *l* wird das Gas an den Ort seiner Bestimmung geleitet. Das Gasometer oder der Gasbehälter wird aus Eisenblech gefertigt und sinkt deshalb im Wasser nicht unter, weil er mit Gas gefüllt ist, das Gewicht des Gasometers aber drückt auf dieses Gas und erhält es unter einem gewissen Drucke. Meistens bringt man über dem Gasbehälter ein Dach an, um ihn vor den Einflüssen der Witterung zu sichern. Während des Winters sucht man durch heisse Dämpfe das Einfrieren des Wassers zu verhindern. Der Gasbehälter hängt an einer Kette *n*, welche über zwei Räder geht und an deren anderem Ende Gewichte aufgehängt sind. Wenn die Gasentwickelung anfängt, so verschliesst man den Hahn *o* und öffnet den auf der anderen Seite befindlichen; der Gasbehälter steht alsdann ganz tief auf dem Boden des Apparates. In dem Verhältnisse nun, als sich Gas entwickelt, steigt das Gasometer in die Höhe, auf der anderen Seite wickelt sich die Kette ab und verhindert dadurch, dass das Gas in dem Gasometer comprimirt werde, da sie dem Gewichte, um welches der Gasbehälter beim Heraussteigen aus der Flüssigkeit leichter wird, so ziemlich das Gleichgewicht hält. Ausserdem regulirt man durch Gewichte, welche man bei *p* an die Kette hängt, den Druck noch genauer. Ist das Gasometer mit der hinlänglichen Menge Gas angefüllt, so verschliesst man den vorher geöffneten Hahn und nimmt so viel von den an der Kette hängenden Gewichten hinweg, dass das Gas durch die Schwere des Gasometers sich in gedrücktem Zustande befindet. Falls das Gewicht des Gasometers zu gering sein sollte, erhöht man dasselbe durch aufgelegte Gewichte. Der Druck auf das Gas wird dadurch regulirt, dass das Wasser ausserhalb weit höher als innerhalb steht. Wenn man den Hahn *o* öffnet, so strömt das Gas an die Orte hin, an welchen es benutzt werden soll. Wo es darauf ankommt, Gas in einem Gasometer auf einer möglichst geringen Bodenfläche unterzubringen, benutzt man die von Tait construirten teleskopischen Gasometer, die aus zwei Kasten oder Trommeln bestehen, welche in einander bewegt werden können.

Die Hauptleitungsröhren sind meistens von Eisen und von verschiedenem Durchmesser. Man rechnet, dass bei 1 Zoll Wasserdruck eine Röhre von 6 Zoll Durchmesser 6000 Kubikfuss Gas per Stunde fortleitet. Von den Hauptröhren führen dann in die Häuser einzelne Röhren von Blei von 2—6 Zoll Durchmesser, von denen dünnere Röhren zu den einzelnen Brennern abgehen. Bei dem Zusammenfügen der einzelnen Röhrenstücke ist hauptsächlich darauf zu achten, dass die Theile luftdicht mit einander verbunden sind, und doch Spielraum genug haben, damit durch Temperaturwechsel dieser Verschluss nicht undicht

werde. Um den Einfluss der Temperatur möglichst gering zu machen, legt man die Leitung einige Fuss tief unter die Erde.

Fig. 174.



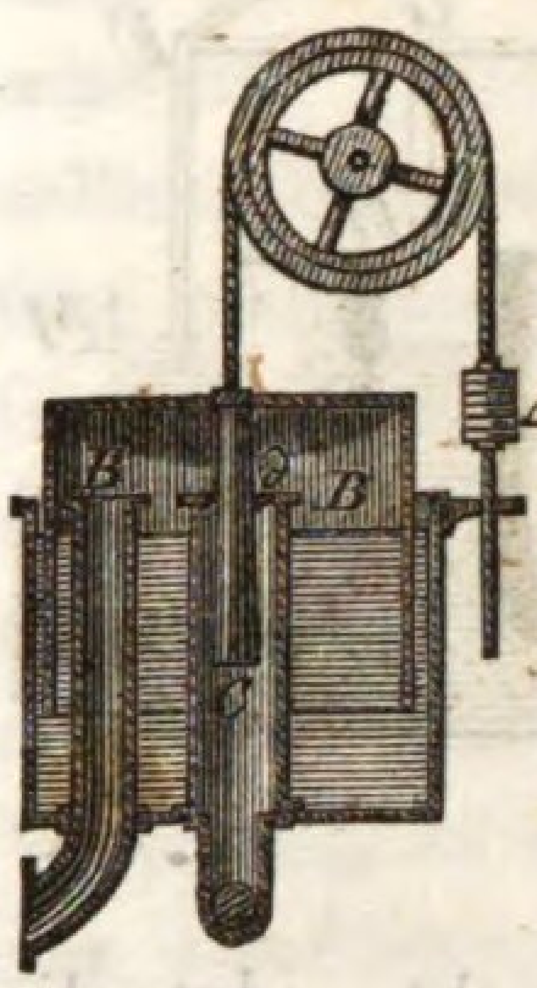

Um das Gas von einer Haupt- oder Nebenverzweigung absperren zu können, bedient man sich gewöhnlich hydraulischer Ventile (Fig. 174). Der dabei angewendete Apparat besteht aus einem eisernen mit Wasser angefüllten Gefässe *I K L M*. Das Rohr *A* communicirt direct mit dem Gasometer, und das Rohr *B* mit dem Hauptrohr des Leitungssystemes; über beiden Röhren befindet sich die Trommel *C E F D*, welche durch Gewichte *x* und *y* balancirt wird. Hängt man das Gewicht *y* aus, so senkt sich die Trommel so weit, dass die Scheidewand *H* unter das Niveau des Wassers taucht. Ist dies der Fall, so ist die Communication zwischen *A* und *B* unterbrochen.

Von der Vertheilung des Gases durch Röhrenleitungen ist ganz verschieden die Vertheilung des Gases durch Transport, bei welcher die Vertheilung innerhalb der Häuser dieselbe bleibt und nur die Hauptleitung durch Röhren umgangen ist. Diese Methode der Vertheilung ist zuerst in Rheims eingeführt worden, und hat sich von da nach Paris, Rouen, Amiens etc. verbreitet. Hierbei findet zwischen den Gasometern der Gasfabrik und der Consumtionsorte keine directe Verbindung statt. Es befindet sich vielmehr in jedem Hause ein kleines Gasometer aus Zinkblech, das in einem hölzernen, mit Wasser gefülltem Bottich steht. In diese Gasometer wird das Gas auf Wagen in eine gasdichte Hülle eingeschlossen, transportirt. Diese Methode der Vertheilung des Gases lässt sich nur zur Beleuchtung der Häuser, nicht aber zur Strassenbeleuchtung anwenden, da das in den Leitungsröhren fortgeleitete Gas keinen Transport kostet. Ungünstig hat es sich erwiesen, Leuchtgas auf ein kleines Volumen zusammenzupressen und in comprimirtem Zustande zu versenden. Abgesehen von der Gefahr der Explosion eines solchen Apparates, hat sich herausgestellt, dass durch den hohen Druck flüssige Producte gebildet werden, wodurch die Menge und die Qualität des Leuchtgases sich vermindert.

Um den Druck beim Ausströmen des Gases aus den Brennern zu reguliren, bedient man sich der Regulatoren oder Governors. Einer der am sinnreichsten construirten ist der von Samuel Clegg (Fig. 175 siehe nächste Seite). Wie aus der Zeichnung hervorgeht, ist die Gasleitung unterbrochen; die beiden Enden der Leitungsröhre münden unter die Glocke *B*, die unter Wasser abgesperrt ist und durch Gegengewicht *A* auf dieselbe Weise aufgehängt ist, wie ein grosses Gasometer der Gasanstalten. Die das Gas zuführende Röhre ist mit einem an der Decke der Glocke befestigten, im Innern der Röhre sich bewegenden

Kegel *C* versehen. Sobald der Druck des Gases sich vermindert, sinkt die Glocke *B* und mit ihr der Kegel *C*. Dadurch vergrössert sich die Oeffnung *d* und das Gas strömt in grösserer Quantität aus. Bei zunehmendem Drucke findet die Regulirung im umgekehrten Sinne statt.

Fig. 175.




Das Leuchtgas lässt man an dem Orte, an welchem es zur Beleuchtung dienen soll, entweder durch eine oder durch mehrere Oeffnungen ausströmen. Die Mündungen, durch die das Ausströmen geschieht, werden Brenner (*bec*) genannt. Sie sind gezogene Messingröhren und mit einem Aufsatz aus Eisen, Porcellan oder Speckstein (dem eigentlichen Brenner) versehen. An jedem Brenner befindet sich ein Hahn, um die Menge des zuströmenden Gases zu reguliren. Bildet der Brenner eine einfach senkrecht aufgebogene Röhre, in deren Ende eine gerade Oeffnung gebohrt ist, so entsteht der einfache Strahl (Fig. 176 *B*). Bei dem Fischschwanzbrenner (Manchesterbrenner) (Fig. 176 *A*) befinden sich zwei runde, unter einem Winkel von 45⁰ gebohrte Oeffnungen; die beiden ursprünglich einfachen Strahlen treffen sich sogleich nach ihrem Austritt und bilden eine breite Flamme. Sind mehrere Oeffnungen vorhanden, so sind dieselben so gegen einander geneigt, dass die Flammen sich nicht vereinigen; man nennt eine solche aus mehreren einzelnen Strahlen bestehende Flamme eine Hahnenspornflamme. Häufig bohrt man auch drei Löcher und vereinigt diese Löcher durch einen verticalen Schnitt, wodurch der Fledermausflügel oder Schmetterlingsflügel (Fig. 177) entsteht. Diese Flamme findet zur Strassenbeleuchtung häufige Anwendung. Um stärkeres Licht zu erhalten, wendet man nach dem Argand'schen Princip construirte Brenner (Fig. 178) an; die Flamme erhält hierbei eine röhrenartige Form. Der äussere Ring *c* trägt den gläsernen Cylinder.

Fig. 176.

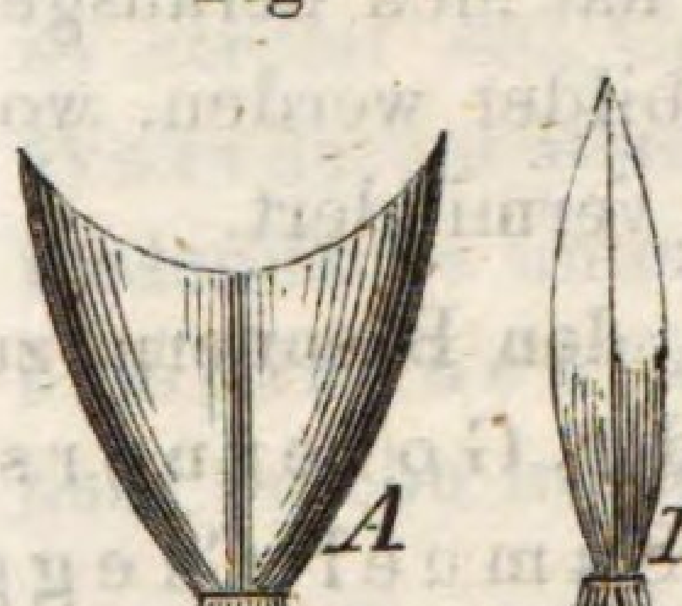



Fig. 177.

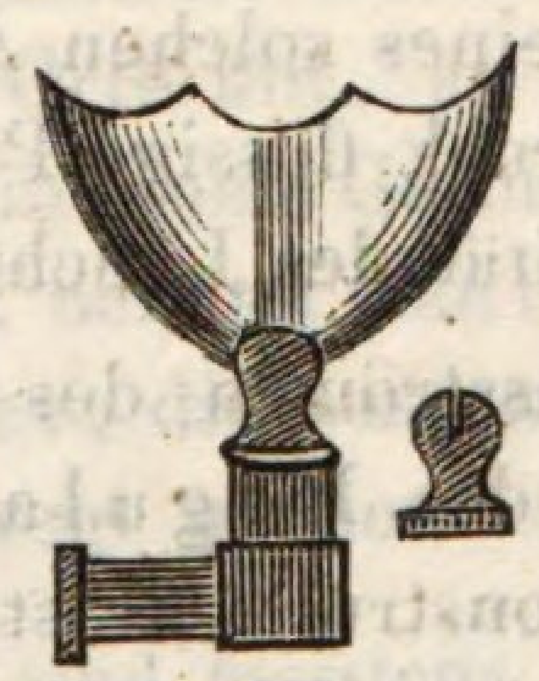
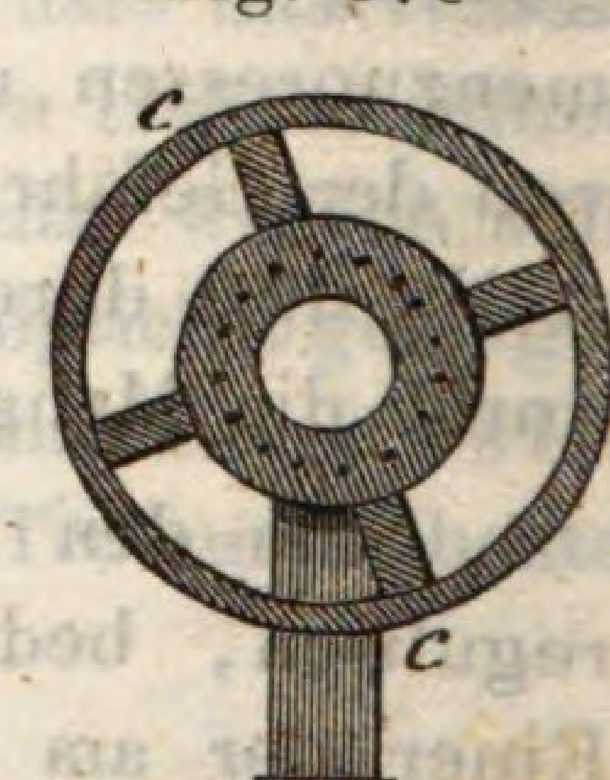


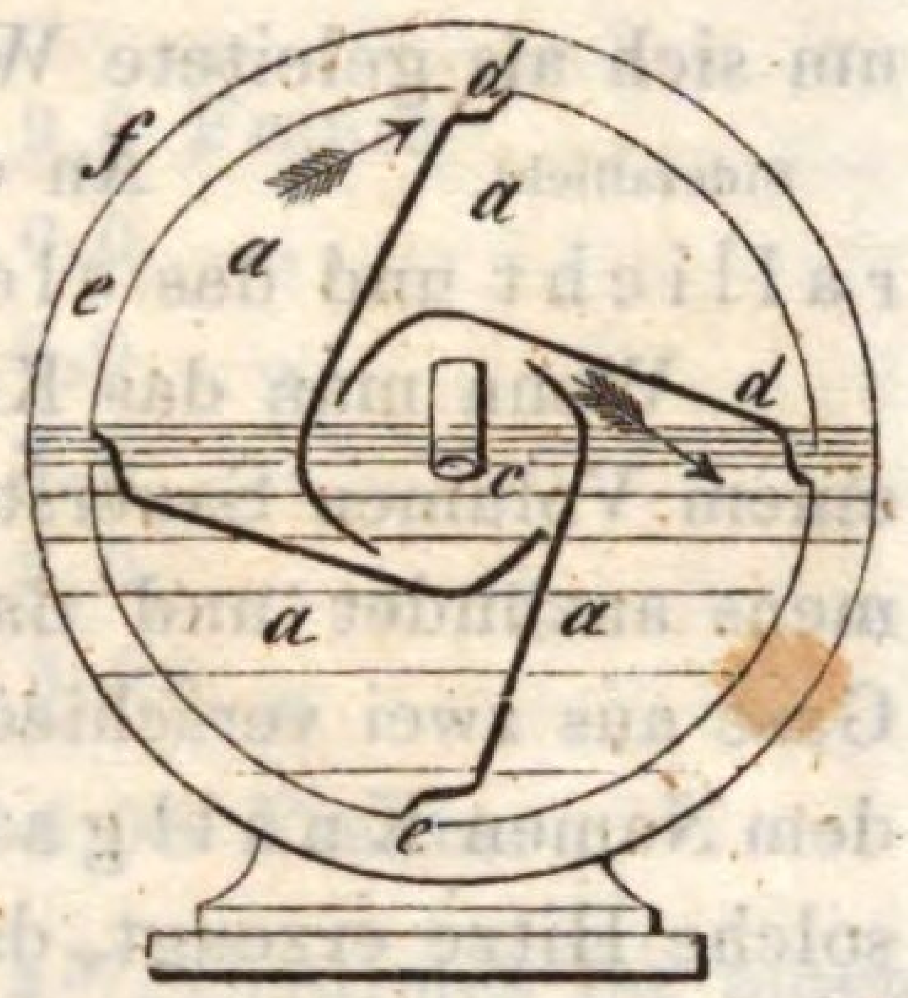
Fig. 178




Um die Menge des verbrauchten Gases bestimmen zu können, leitet man das Gas, bevor es in die einzelnen Röhren geführt wird, durch den Gasmesser (Gasuhr, Compteur). Ein sehr häufig angewendeter Gasmesser besteht aus einem blechernen Cylinder (Fig. 179 siehe nächste Seite), in welchem sich ein zweiter, um die Axe drehbarer Cylinder befin-

det, der durch gekrümmte Bleche in vier Abtheilungen *a a a a* getheilt und durch den Zwischenraum *e* von dem äusseren Cylinder getrennt wird. Der Zwischenraum und der innere Cylinder sind zur grossen Hälfte mit Wasser angefüllt. Das Gas strömt durch das Rohr *c* in die verschiedenen Abtheilungen *a*, welche durch die Bewegung des Gases von der Rechten zur Linken gedreht werden. Sobald die in dem Umfang des inneren Cylinders befindlichen Oeffnungen *d* über das Niveau des Wassers treten, geht das Gas in den Raum *e* und wird von hier aus durch die Röhre *f* zu dem Brenner geleitet. Da die Abtheilungen des drehbaren Cylinders geaicht sind, so erfährt man durch die Anzahl der Umdrehungen der Axe die Quantität des den Apparat passirten Gases. Angenommen, eine Abtheilung fasst 5 Kubikfuss, so werden bei jeder Umdrehung $4 \times 5 = 20$ Kubikfuss Gas durch den Gasmesser geströmt sein. Es ist aber noch eine Vorrichtung nöthig, um die Anzahl der Umdrehungen genau zu zählen. Zu diesem Zwecke befindet sich an der vorderen Seite des Gasmessers eine Metallscheibe, die sich mit dem Cylinder umdreht. Die Bewegung des Cylinders wird durch ein System von Zahnrädern auf die Zeiger von 4 emaillirten Zifferblättern übertragen, die sich unter der Metallscheibe befinden. Die den vier Zeigern der Zifferblätter übertragene Geschwindigkeit ist eine verschiedene, so dass der erste Zeiger die Tausende, der zweite die Hunderte, der dritte die Zehner und der vierte die Einer der Zahl der Kubikfusse Gas angiebt, die durch den Gasometer geströmt sind. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass das Volumen des Gases von der Temperatur abhängig ist und demnach gleiche Volumina Leuchtgas im Winter und Sommer nicht gleichwerthig sind. 1000 Kubikfuss Gas von $0^0$ entsprechen 1073 Kubikfuss bei $+ 20^0$ und 963 Kubikfuss bei $- 10^0$.

Fig. 179.




Allgemeines über Gasfabrikation.

In dem Vorstehenden wurde nur die Verwendung des Gases zur Beleuchtung ins Auge gefasst; dies ist aber nur eine nutzenbringende Seite der Gasfabrikation. Noch fruchtbarer wird die Verwendung des Gases zu Heizungszwecken der verschiedensten Art werden. Man hat diesen Punkt in England schon vielfach ausgebeutet, und man findet dort bereits vielfache Apparate verbreitet, in denen das Gas zur Heizung von Räumen, zum Kochen, zum Löthen, zum Sengen der Zeuge und zu vielen anderen Zwecken in den Gewerben angewendet wird, wo es sich um grössere oder geringere Erhitzung handelt. In Deutschland wendete namentlich Elsner in Berlin einzelnen Vorrichtungen für Gasheizung seine Aufmerksamkeit zu. Damit das Gas nicht russe, sondern eine reinliche und heisse Flamme liefere, muss es vor der Verbrennung mit atmosphärischer Luft gemischt werden, damit der Kohlenstoff den zu seiner Verbrennung erforderlichen Sauerstoff vorfinde. Es entsteht eine nicht leuch-

tende, aber auch nicht russende Flamme. Warum Gas mit Luft gemengt grössere Heizkraft besitzt, als dieselbe Menge Gas, wenn sie mit leuchtender Flamme verbrannt wird, da doch die entwickelte Wärmemenge in beiden Fällen ganz gleich sein muss, geht aus Folgendem hervor: Leuchtende Flammen geben einen grossen Theil ihrer Wärme durch Strahlung ab, der fast unbenutzt verloren geht, während die nämliche Wärmemenge, bei nicht leuchtender Flamme entwickelt, den Verbrennungsproducten verbleibt, um sich als geleitete Wärme den Wänden des Gefässes mitzutheilen.

Siderallicht. An die Beleuchtungsmittel schliesst sich an das Siderallicht und das electrische Licht.

Wenn man das Knallgas, das aus zwei Volumen Wasserstoffgas und einem Volumen Sauerstoffgas besteht, im Augenblicke des Zusammenströmens anzündet und das Fortbrennen durch Nachströmen der getrennten Gase aus zwei verschiedenen Gasometern unterhält, so hat man den unter dem Namen Knallgasgebläse bekannten Apparat, dessen Flamme eine solche Hitze erzeugt, dass vermittelst derselben Platin mit Leichtigkeit geschmolzen werden kann. Die Flamme dieses Gasgemenges ist nur wenig leuchtend, lässt man aber die Flamme gegen ein Stückchen Kalkstein brennen, so verbreitet der Kalkstein ein Licht, dessen Glanz das Auge kaum zu ertragen vermag. Die Idee, eine solche Flamme zur Beleuchtung von Städten anzuwenden, erwies sich als unausführbar, ebenso verhinderte der hohe Preis der Darstellung des Sauerstoffs die Einführung dieses Lichtes als Signal auf Leuchtthürmen. Man nennt dieses Licht Siderallicht (Sternenlicht) oder Drummond's Licht.

Elektrisches oder Kohlenlicht. Das elektrische oder das Kohlenlicht hat zwar noch keine Anwendung gefunden, verdient aber in jeder Beziehung beachtet zu werden. Es ist bekannt, dass sich starke Licht- und Wärmeentwickelung zeigt, wenn man die Entladung einer galvanischen Batterie durch aneinander gestellte Kohlenstücke gehen lässt. Es werden dabei die Spitzen erhitzt und leuchten mit blendend weissem Lichte. Ist der Strom im Gange, so kann man die Kohlenspitzen von einander entfernen, und indem die glühenden Kohlentheilchen von dem einen Stabe zu dem anderen überspringen, erhält man die herrliche Erscheinung eines Lichtbogens. In der neueren Zeit machte Jacobi in Petersburg, in Verbindung mit Argeraud aus Paris, höchst interessante Versuche mit der elektrischen oder galvanischen Strassenbeleuchtung. Von dem Admiralitätsthurme aus wurden die drei grössten Strassen Petersburgs, Newsky Prospect, Erbsenstrasse und Wosnesensky Prospect Abends 7 — 10 Uhr beleuchtet. Das Licht selbst war so hell, dass es die Augen kaum einige Secunden lang vertragen konnten; trotzdem, dass ganz reine Luft und sternenhelle Nacht war, sah man seitwärts stehend in der Luft von dem Lichte die Strahlen ausgehen, gerade so als wenn Sonnenlicht durch ein kleines Loch in eine finstere Kammer fällt. Das Licht der Gaslaternen erschien roth und russig. Die Batterie, welche den Strom lieferte, war eine Kohlenbatterie von 185 Elementen. — Das-

selbe Kohlenlicht findet gegenwärtig bereits in Frankreich und England ausgedehnte Anwendung zur Beleuchtung, so wurden unter Anderem im Jahre 1854 die Napoleon-Docks in Rouen monatelang jeden Abend 3—4 Stunden lang beleuchtet, bei welcher Beleuchtung 800 Arbeiter in mehr als 100 Meter Entfernung von dem Lichte arbeiteten. Die dabei benutzten Apparate bestanden in 100 Bunsen'schen Elementen grossen Formates. Die Kosten für einen Abend betrugen:

| | | |
|---|---|---|
| Für die Bedienung des Apparates | 9,0 | Francs |
| Quecksilber . . . . . . . . | 10,0 | „ |
| Zink . . . . . . . . . | 9,0 | „ |
| Kohlestäbchen . . . . . . | 2,8 | „ |
| Salpetersäure . . . . . . . | 3,6 | „ |
| Schwefelsäure . . . . . . . | 3,68 | „ |
| | 38,08 | Francs. |

Die Kosten des Lichtes beliefen sich hiernach auf $4^3/_4$ Centimes für einen Arbeiter. Das Licht kam also sehr wohlfeil zu stehen, während andererseits die Arbeit ohne alle Gefahr und mit einer Regelmässigkeit stattfand, wie sie mit keiner anderen Beleuchtungsart zu erreichen ist.

**Vergleich der Leuchtmaterialien unter einander.**

| Leuchtmaterial. | Lichtstärke | Verbrauch an Leuchtmaterial in der Stunde | Leuchtkraft der Carcellampe = 100 | Preis von 100 Gr. Leuchtmaterial in Kreuzern | Die Stunde kostet in Kreuzern | Bei gleicher Lichtstärke kostet das Leuchtmaterial |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Talgkerzen (6er) . . | 10,66 | 8,5 | 54,04 | 4,4 | 0,374 | 3,509 |
| Wachskerzen (6er) . | 14,60 | 9,6 | 61,57 | 14,4 | 1,382 | 9,466 |
| Stearinkerzen (5er) . | 14,40 | 9,3 | 66,58 | 9,6 | 0,893 | 6,200 |
| Küchenlampe . . . | 6,65 | 8,0 | 33,60 | | 0,294 | 3,740 |
| Astrallampe . . . | 31,00 | 26,7 | 48,70 | | 0,830 | 2,679 |
| Sinumbralampe . . | 56,00 | 37,1 | 63,0 | | 1,154 | 2,061 |
| Flaschenlampe . . | 90,00 | 43,0 | 87,8 | 3,11 | 1,337 | 1,485 |
| Hydrostatische Lampe | 45,00 | 17,26 | 109,2 | | 0,537 | 1,193 |
| Carcellampe . . . | 100,00 | 42,0 | 100,0 | | 1,306 | 1,306 |
| Dampflampe . . . | 130,70 | 151,0 | 36,2 | 4 | 6,040 | 4,621 |
| | | Kubikf. | | | | |
| Steinkohlengas . . | 127,0 | 8,70 | | 20 pr. 100 Kubikfuss | 1,74 | 1,37 |

In dieser Tabelle ist der Preis für 1 Pfund Oel auf $15^1/_2$ Kreuzer, Talgkerzen auf 22 kr., Wachskerzen 1 fl. 12 kr., Stearinkerzen 48 kr., Leuchtspiritus zu 31 kr., für 100 Kubikfuss Steinkohlengas 20 kr. festgesetzt worden.

## Die Heizung.

### Brennmaterialien.

Allgemeines über Brennmaterialien.

Unter Brennmaterialien (Brennstoffen) versteht man diejenigen brennbaren Körper, welche zu gewerblichen und ökonomischen Zwecken zur Hervorbringung von Wärme Anwendung finden. Es gehören zu den Brennstoffen Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Holzkohle, Torfkohle, verkohlte Braunkohle, Koks und brennbare Gase (Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe). Mit Ausnahme der als Brennmaterial Anwendung findenden Gase sind alle Brennstoffe, was ihren Ursprung betrifft, mit einander nahe verwandt, indem sie theils aus Cellulose oder Holzfaser bestehen, theils daraus entstanden sind.

Die natürlichen, d. h. unverkohlten Brennstoffe (Holz, Torf, Braun- und Steinkohle) bestehen wesentlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die Steinkohle auch noch aus geringen Mengen von Stickstoff und gewissen mineralischen Bestandtheilen (Schwefel, Phosphor, Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, alkalischen Erden und Alkalien), welche mit Ausnahme des Schwefels und Phosphors beim Verbrennen der Brennstoffe als Asche zurückbleiben. Von allen den im Vorstehenden aufgeführten Körpern sind nur zwei, nämlich der Kohlenstoff und Wasserstoff brennbar; diese beiden Stoffe allein bedingen den Werth der Brennstoffe. Bei vollständiger Verbrennung liefern alle Brennmaterialien nur Wasser und Kohlensäure, unter Hinterlassung der unorganischen Bestandtheile. In der Asche von vegetabilischen Brennstoffen herrscht im Allgemeinen der kohlensaure Kalk, in der von mineralischen der Thon vor.

Hinsichtlich der Wirkung, welche die Brennmaterialien während des Verbrennens äussern, ist zu unterscheiden

a) die Brennbarkeit,
b) die Flammbarkeit, und
c) der Wärmeeffect.

Brennbarkeit.

Unter Brennbarkeit der Brennmaterialien versteht man die grössere oder geringere Leichtigkeit, mit der dieselben entzündet werden können und sodann zu verbrennen fortfahren. Sie ist abhängig von der Beschaffenheit und der Zusammensetzung des Brennstoffes. Ein poröses, weniger dichtes Brennmaterial ist leichter brennbar, als ein weniger poröses. Was den Zusammenhang der Brennbarkeit mit der Zusammensetzung betrifft, so hat sich herausgestellt, dass ein Brennstoff um so leichter brennbar ist, je mehr er Wasserstoff enthält.

Flammbarkeit.

Mit dem Namen Flammbarkeit bezeichnet man die Eigenschaft gewisser Brennstoffe, mit Flamme zu verbrennen. Da letztere nur durch brennende Gase gebildet wird, so ist es einleuchtend, dass die wasserstoffreichsten Brennstoffe auch die flammbarsten sein müssen.

Brennmaterialien, welche wie die Holzkohlen und Koks durch Verkohlung entstanden sind, können daher keine andere Flamme beim Verbrennen bilden, als bei unvollständiger Verbrennung die Kohlenoxydflamme, welche hier nicht in Betracht kommt.

Wärmeeffect. Die bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffs entwickelte Wärme lässt sich in zweierlei Hinsicht messen:

1) auf die Quantität der Wärme,

2) auf den Temperaturgrad (Intensität der Wärme).

Misst man die Wärme nur ihrer Quantität nach, so erhält man die Brennkraft (specifischer oder absoluter Wärmeeffect); bestimmt man den Grad der Wärme, so wird die Heizkraft (pyrometrischer Wärmeeffect) ermittelt. Brennkraft und Heizkraft zusammengenommen, geben den Brennwerth eines Brennmaterials. Wird die Brennkraft auf den Preis des Brennstoffs bezogen, so erhält man dessen Brennwerth, welcher selbstverständlich nur für den Consumtionsort massgebend ist.

Ermittelung der Brennkraft. Ermittelung der Brennkraft oder der Wärmemenge eines Brennstoffes. Da für die Wärme kein bestimmtes Maass vorhanden ist, so muss man sich damit begnügen, die relativen Wärmemengen zu ermitteln, mit anderen Worten, anzugeben, um wieviel die aus einem Brennstoff entwickelte Wärmemenge die aus einem anderen übertrifft. Führt man die erzielten Resultate auf ein bestimmtes Volumen der Brennstoffe zurück, so findet man den specifischen Wärmeeffect, bezieht man sie dagegen auf ein bestimmtes Gewicht, den absoluten Wärmeeffect.

Man bestimmt den absoluten Wärmeeffect nach den Methoden von Karmarsch, Berthier oder durch die Elementaranalyse.

Nach der Methode von Karmarsch wird diejenige Wassermenge ermittelt, welche von einem Pfunde verschiedener Brennstoffe in Dampf übergeführt wird.

Methode von Berthier. Nach dem Welter'schen Gesetze (welches indessen nicht durch die Erfahrung bestätigt wird, da neuere Untersuchungen grosse Abweichungen von diesem Gesetze, namentlich in Bezug auf den Wasserstoff nachgewiesen haben) stehen die aus verschiedenen Brennmaterialien entwickelten Wärmemengen unter sich in demselben Verhältnisse, wie die Sauerstoffmengen. Die Richtigkeit dieses Gesetzes angenommen, ist es leicht, wenn die Zusammensetzung eines Brennmaterials bekannt ist, seinen absoluten Wärmeeffect zu berechnen. Man ermittelt nämlich, wie viel es Sauerstoff, mit Berücksichtigung seines eignen Gehaltes davon, aufnehmen würde, um seinen Kohlenstoff völlig in Kohlensäure und seinen Wasserstoff in Wasser zu verwandeln. Hierauf vergleicht man diese Menge mit der, welche ein anderes Brennmaterial, dessen Heizkraft bekannt ist, z. B. Kohle, erfordert. Geht man von diesen Grundsätzen aus, so ist es klar, dass die Brennkraft eines Brennmaterials, ohne seine Zusammensetzung zu kennen, leicht zu erfahren ist, wenn man das Gewicht des bei dem Verbrennen absorbirten Sauerstoffs bestimmen kann. Praktische Erfahrungen und Berechnungen haben gezeigt, dass das Berthier'sche Verfahren vermöge eines constanten Fehlers um etwa $^1/_9$ hinter der Wahrheit zurückbleibt.

Die Ausführung der Methode ist folgende: Man verwandelt das Brennma-

terial in das feinste Pulver und mengt 1 Gramm davon mit einer etwas grösseren Menge reiner Bleiglätte, als es reduciren kann, also mit mindestens 20 und höchstens mit 40 Grammen derselben. Das Gemenge wird in einen irdenen Tiegel gebracht und mit 20 bis 40 Grammen Bleiglätte bedeckt. Der Tiegel wird mit einem Deckel bedeckt und durch Kohlenfeuer allmälig erhitzt. Die Masse wird weich, kocht und bläht sich zuweilen auf. Ist sie völlig geschmolzen, so giebt man etwa zehn Minuten ein kräftiges Feuer, damit das Blei sich zu einer Masse vereinige. Hierauf wird der Tiegel aus dem Feuer genommen, nach dem Erkalten zerbrochen und der Bleiregulus gewogen. Er hängt gewöhnlich weder an dem Tiegel, noch an der Schlacke an und löst sich mit einem Hammerschlage leicht ab. Die Versuche müssen 2 — 3 Mal wiederholt werden und die Resultate dürfen nicht über 0,1 bis 0,2 Gramm von einander abweichen.

G. Forchhammer wendet anstatt des reinen Bleioxydes eine Mischung von 3 Th. Bleiglätte und 1 Th. Chlorblei (mithin ein Bleioxychlorid) an, welche man vorher in einem irdenen Tiegel schmilzt und nach dem Erkalten pulvert.

Reine Holzkohle giebt mit Bleiglätte oder mit Bleioxychlorid erhitzt das 34fache ihres Gewichtes und Wasserstoff das 103,7fache seines Gewichtes an metallischem Blei, also etwas mehr als das 3fache der Kohle. Mittelst dieser gegebenen Werthe kann man den absoluten Wärmeeffect für ein Brennmaterial finden. Da man gegenwärtig annimmt, dass ein Theil Kohle die Temperatur von 8000 Th. Wasser um 1⁰ zu erhöhen vermag, da ferner reine Kohle nach dem Verfahren von Berthier 34 Th. Blei giebt, so entspricht jeder durch ein Brennmaterial reducirte Gewichtstheil Blei 235,2 Wärmeeinheiten.

Das Verfahren von Berthier eignet sich in Folge der nachgewiesenen Unhaltbarkeit des Welter'schen Gesetzes nur für Brennstoffe, welche nur eine sehr geringe Menge Wasserstoff enthalten. Für solche wasserstoffhaltige Brennmaterialien, welche sich schon bei einer unter der Rothglühhitze liegenden Temperatur zu zersetzen beginnen, ist es durchaus nicht anwendbar, da ein Theil der reducirten Gase entweichen kann, ohne die entsprechende Menge von Blei abgeschieden zu haben.

Die Elementaranalyse. Wenngleich durch neuere genaue Untersuchungen nachgewiesen worden ist, dass die beim Verbrennen der Brennstoffe entwickelte Wärme sich nicht genau verhalte wie die zum Verbrennen nöthige Sauerstoffmenge, dass die gleiche Quantität Sauerstoff unter verschiedenen Umständen verschiedene Wärmemengen erzeugen kann, so darf doch dreist angenommen werden, dass bei ähnlichen Brennstoffen aus der Zusammensetzung ein Resultat sich ziehen lassen wird, welches, wenn auch nicht absolut genau, doch für die Praxis hinreichende Anhaltepunkte giebt. Wenn es sich daher um Prüfung des relativen Werthes von gleichnamigen Brennmaterialien handelt, wendet man zweckmässig die Elementaranalyse an, nachdem zuvor durch einen besonderen Versuch die Aschenquantität der Brennstoffe ermittelt wurde.

Specifischer Wärmeeffect.

Unter dem specifischen Wärmeeffect versteht man diejenigen relativen Wärmemengen, welche gleich grosse Volumen der verschiedenen Brennmaterialien liefern. Man findet ihn aus dem absoluten Wärmeeffect, indem man denselben mit dem specifischen Gewichte des betreffenden Brennmaterials multilipcirt.

Pyrometrischer Wärmeeffect.

Der pyrometrische Wärmeeffect eines Brennmaterials wird durch die Temperatur, welche bei der vollständigen Verbrennung desselben herrscht, ausgedrückt. Da keiner der bekannten Pyrometer genügende Resultate giebt, um die Intensität der Wärme behufs der Ermittelung der Heizkraft in Thermometergraden wiedergeben zu

können, so muss man sich vorläufig mit der annähernden Ermittelung des pyrometrischen Wärmeeffects durch Rechnung begnügen.

Der pyrometrische Wärmeeffect eines Brennmaterials ist gleich dem in Wärmeeinheiten angegebenen absoluten Wärmeeffecte desselben, dividirt durch die Summe der relativen Gewichtsmengen aller Verbrennungsproducte seiner Bestandtheile, jede dieser Gewichtsmengen multiplicirt mit der entsprechenden specifischen Wärme. Der pyrometrische Wärmeeffect des Kohlenstoffs ist grösser, der des Wasserstoffs kleiner als der jedes anderen brennbaren Körpers. Die flammbaren Brennstoffe im Holz und in den Steinkohlen müssen mithin einen niedrigeren pyrometrischen Wärmeeffect besitzen, als die nicht flammbaren, verkohlten, und zwar einen um so niedrigeren, je mehr sie sich in ihrer Zusammensetzung der reinen Kohle nähern, während bezüglich des absoluten Wärmeeffectes das Gegentheil stattfindet. Der Grund davon liegt darin, dass der beim Verbrennen von Wasserstoff sich bildende Wasserdampf fast viermal so viel Wärme aufnimmt, um bei einer gewissen Temperatur erhitzt zu werden, als Kohlensäure. Der Unterschied zwischen den pyrometrischen Effecten der Brennmaterialien ist bei der Verbrennung in Sauerstoff weit bedeutender als in der Luft.

Um dem theoretisch gefundenen pyrometrischen Wärmeeffect in der Praxis möglichst nahe zu kommen, hat man besonders darauf Bedacht zu nehmen, allen Kohlenstoff zu Kohlensäure zu verbrennen, da bei der Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd in der atmosphärischen Luft nur eine Temperatur von 1427$^0$ (bei 2480 Wärmeeinheiten), bei dessen Verbrennung zu Kohlensäure aber eine Temperatur von 2458$^0$ (bei 8000 Wärmeeinheiten) erzeugt wird, durch passende Vorbereitung des Brennstoffes (z. B. durch längeres Aufbewahren von Holzkohlen und Koks, durch Pressen des Torfes zur Vermehrung seiner Dichte, durch Darstellung dichteren Koks in Oefen, Vorwärmen des Brennmaterials etc.), durch Vorwärmung der Verbrennungsluft, durch Effectuirung der Verbrennung unter einem höhern Drucke als dem einer Atmosphäre.

## Die Brennmaterialien im Besonderen.

### Das Holz.

Holz. Das Holz besteht aus mehreren in ihrer Structur von einander unterscheidbaren Theilen, welche auf dem Querschnitt sich in folgender Weise darstellen: Die Axe (das Mark) besteht aus einem lockeren, ziemlich regelmässig gestalteten Gewebe von Parenchymzellen, welche an vielen Stellen als Markstrahlen sich strahlenförmig bis zur Rinde erstrecken. Rings um das Mark liegt das Holz, ein Aggregat seitlich verwachsener Gefässbündel, welche aus dem Holz- und den Gefässzellen bestehen. Um das Holz findet sich der Bast gelagert, zwischen Holz und Bast eine Lage äusserst dünnwandiger, mit einer trüben Flüssigkeit erfüllter Zellen, von welcher die weitere Entwickelung des Stammes

ausgeht, indem die neu gebildeten Zellen theils nach Innen an die alten Holzzellen, theils nach Aussen an Bast und Rinde sich ablagern. Ueber dem Baste liegt nach Aussen eine Schicht Zellgewebe von eigenthümlicher Structur der Zellen, welche mit dem Bast vereinigt die Rinde ausmacht, welche im jungen Zustande noch mit der Oberhaut bedeckt ist. Die Markzellen zerreissen in der Regel beim späteren Wachsen der Pflanze, sterben ab und hinterlassen eine hohle Röhre. Die Holzzellen verdicken sich durch abgelagerte Cellulose; da dieses Wachsthum in die Dicke im Frühling sehr rasch beginnt, im Sommer und Herbst aber sich verlangsamt und zuletzt ganz erstirbt, so ist die Bildung von deutlich erkennbaren Jahresringen, die sich durch ihre härtere, dichtere, im Herbste abgelagerte Schicht scharf vom folgenden Jahrgange unterscheiden, leicht zu erklären. Die Holzzellen sind nie auf den Wänden so verdickt, dass sich nicht im Innern wenigstens eine Höhlung wahrnehmen liesse, und ihre Berührung untereinander nie so vollständig, dass man nicht zwischen ihnen die sogenannten Intercellulargänge wahrnehmen könnte, welche in der Regel nur mit Luft gefüllt sind, bisweilen sind sie auch die Behälter eigenthümlicher Säfte, z. B. von Harz, Gummi u. a.

In den Holz- und Gefässzellen hat sich während des Lebens der Pflanze die meiste Cellulose abgeschieden; sie erscheinen daher mit den dicksten Wänden und bilden das eigentliche Holz. Je dicker die Wände der Holzzellen einer Holzart sind und je mehr Zellen in einem bestimmten Raume sich angehäuft haben, desto dichter und schwerer ist ein solches Holz; man nennt es hartes im Gegensatze zu solchem Holz, welches dünnwandigere Holzzellen in geringerer Anzahl in einem gleich grossen Raume enthält; letzteres heisst ein weiches Holz.

Die verschiedenen Baumarten, deren Holz in Mitteleuropa als Brennmaterial benutzt wird, sind:

Laubhölzer: Eiche (*Quercus pedunculata* und *robur*),
Rothbuche (*Fagus sylvatica*),
Hain- oder Weissbuche (*Carpinus betulus*),
Ulme oder Rüster (*Ulmus campestris* und *effusa*),
Esche (*Fraxinus excelsior*),
Erle (*Alnus glutinosa* und *incana*),
Birke (*Betula alba* und *pubescens*),

Nadelhölzer: Weiss- oder Edeltanne (*Pinus abies*),
Fichte- oder Rothtanne (*Pinus picea*),
Föhre oder Kiefer (*Pinus sylvestris*),
Lärche (*Pinus larix*).

Zu den harten Hölzern rechnet man: Eiche, Weiss- und Rothbuche, Ulme, Birke, Esche; zu den halbharten: Ahorn, Erle, Lärche, Föhre; zu den weichen: Fichte, Weisstanne, Linde, Aspe, Pappel, Weide.

Bestandtheile des Holzes.

Das Holz besteht aus Holzfaser oder Cellulose, Pflanzensaft, mineralischen Bestandtheilen (Asche) und hygroskopischem Wasser.

Holzfaser oder Cellulose. Die reine Holzfaser ist nach der Formel $C_{12}H_{10}O_{10}$ zusammengesetzt und besteht in 100 Theilen aus

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 44,45 |
| Wasserstoff | 6,17 |
| Sauerstoff | 49,38. |

Der Pflanzensaft besteht zum grössten Theile aus Wasser und enthält organische und unorganische Substanzen theils aufgelöst, theils suspendirt. Die unorganischen Saftbestandtheile, welche nach dem Verbrennen des Holzes als Asche zurückbleiben, sind ihrer Qualität nach bei allen Holzarten gleich (vergl. Seite 3). In der Praxis nimmt man an, dass der Aschengehalt der Brennhölzer durchschnittlich 1 pCt. betrage.

Der Wassergehalt ist im Allgemeinen bei den weichen Hölzern grösser als bei den harten. Man fand in 100 Gewichtstheilen des frisch gefällten Holzes:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hainbuche | 18,6 | Rothbuche | 39,7 |
| Ahorn | 27,0 | Erle | 41,6 |
| Esche | 28,7 | Espe | 43,7 |
| Birke | 30,8 | Ulme | 44,5 |
| Traubeneiche | 34,7 | Fichte | 45,2 |
| Stieleiche | 35,4 | Linde | 47,1 |
| Weisstanne | 37,1 | Lärche | 48,6 |
| Föhre | 39,7 | Schwarzpappel | 51,8 |

Gewöhnliches lufttrocknes Holz lässt sich betrachten als bestehend aus:

40 Th. Kohle (incl. 1 Th. Asche),
20 „ chemisch gebundenem Wasser,
40 „ hygroskopischem Wasser.

Nachdem durch starkes Erhitzen bis auf 130° alles hygroskopische Wasser ausgetrieben worden ist, bleibt gedarrtes Holz zurück von der Zusammensetzung:

50 Th. Kohle (incl. 1 Th. Asche),
50 „ chemisch gebundenes Wasser.

Heizwerth des Holzes. Die Brennbarkeit der weichen Hölzer ist grösser als die der harten; unter den weichen lassen sich die Nadelhölzer am leichtesten entzünden und brennen am besten fort. Den Nadelhölzern steht das Birkenholz sehr nahe. Was die Flammbarkeit betrifft, so geben die harzreichen Nadelhölzer die längste Flamme.

Aus seinen Versuchen folgert Winkler hinsichtlich des Verhältnisses der Heizkraft der Holzarten, dass 1 Klafter Fichtenholz ersetzt werde durch

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1,07 Klafter | Linde, | 0,70 Klafter | Buche, |
| 0,94 „ | Föhre, | 0,665 „ | Birke, |
| 0,92 „ | Pappel, | 0,65 „ | Ahorn, |
| 0,91 „ | Weide, | 0,635 „ | Ulme, |
| 0,89 „ | Tanne, | 0,59 „ | Eiche. |

Scheerer nimmt den absoluten Wärmeeffect der verschiedenen, gleichförmig getrockneten Holzarten als gleich gross an, ferner, dass der specifische Wärmeeffect von Holzarten mit gleichem Wassergehalte sich wie das specifische Gewicht derselben verhält. Der pyrometrische Wärmeeffect des halbgedarrten Holzes (mit 10 pCt. Wassergehalt) kann nach Scheerer = 1850°, der des gedarrten = 1950° gesetzt werden. Nach Petot entwickelt sich eine Tempe-

ratur von 1683° C. beim Verbrennen von reinem und trocknem Holz unter der Voraussetzung, dass aller Sauerstoff der Verbrennungsluft absorbirt werde, dagegen nur eine Temperatur von 960°, wenn der Sauerstoff nur zur Hälfte consumirt wird, was gewöhnlich in grossen Feuerräumen der Fall ist.

Holzkohlen. Die Holzkohlen. Es ist ein allgemeines Kennzeichen der organischen Verbindungen, dass dieselben unter dem Einfluss der Wärme sich zersetzen und dabei Kohlenstoff als Kohle ausscheiden. Wird die Erhitzung des Holzes in einem abgesperrten sauerstoffleeren Raum ausgeführt und ist zu gleicher Zeit die Vorkehrung getroffen, dass die gas- und dampfförmigen Producte entweichen können, wird überhaupt das Holz der trocknen Destillation unterworfen, so bleibt ein Theil des Kohlenstoffs als Holzkohle zurück. Werden die flüchtigen Producte aufgefangen und untersucht, so findet man gasförmige, aus Kohlensäure, Kohlenoxyd und Grubengas bestehend, und condensirbare Körper, welche letztere nach der Verdichtung ein gelblich oder braun gefärbtes Oel bilden, unter welchem eine wässerige Flüssigkeit sich befindet. Die wässerige Flüssigkeit besteht aus unreiner Essigsäure (Holzessig) und einer alkoholischen Flüssigkeit, dem Holzgeiste, die ölige Flüssigkeit, der Holztheer, besteht aus einer Anzahl flüssiger und fester Körper, unter denen Paraffin, Naphtalin, Kreosot, phenylige Säure (Carbolsäure) und mehrere flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, Xylol etc. hervorzuheben sind. Alle diese Stoffe sind brennbar.

Zweck der Verkohlung. Der gewöhnlichste Zweck der Verkohlung des Holzes besteht darin, die in demselben enthaltenen Brennstoffe zu concentriren, sie durch bedeutende Verminderung des Gewichts und des Volumens transportabler zu machen und dadurch ihren Markt zu erweitern, die Holzpreise zu steigern, einige für gewisse technische Anwendungen nachtheilige Eigenschaften des Holzes zu entfernen oder endlich auch Kohle zu anderer Benutzung als der gewöhnlichen zu erlangen, z. B. zur Pulverfabrikation. In allen diesen Fällen wird die Kohle als Hauptproduct der Verkohlung angesehen. Bei der Theerschwelerei ist es vorzüglich auf die Gewinnung von Theer abgesehen und die dabei sich ergebende Kohle erscheint mehr nur als ein Nebenerzeugniss. Bei der Holzgasfabrikation werden endlich durch die Verkohlung nicht blos Holz und Theer, sondern auch die dabei sich entwickelnden brennbaren und leuchtenden Gase gewonnen und in einer Weise zur Entwickelung von Licht und Wärme benutzt, dass jedenfalls jene nicht als Hauptsache erscheinen. Die Verkohlung des Holzes im Walde kann entweder in regelmässigen auf verschiedene Weise aufgebauten Haufen, den Meilern und den Haufen, in beiden Fällen unter beweglicher Decke, oder unter unbeweglicher Decke in Gruben und Meileröfen vor sich gehen.

Meilerverkohlung. Unter einem Meiler versteht man einen aus grösseren Holzstücken zusammengeschichteten Haufen, welcher mit einer Decke von Erde oder Kohlenlösche (Kohlenstaub mit Erde gemengt) versehen ist.

Die Holzscheite werden entweder fast senkrecht gegen die Axe des Meilers geneigt, oder man legt sie horizontal, in radialer Richtung von der Axe auslaufend. Im ersten Falle heisst ein Meiler ein stehender, im anderen Falle ein liegender Meiler. Die Axe des Meilers wird Quandel genannt.

Richten des Meilers. Behufs des Aufstellens des Holzes (Richten des Meilers) richtet man im Mittelpunkte der Meilerstätte, eine dicke Stange, den Quandelpfahl oder, wenn mehrere Stangen angewendet werden, die Quandelstäbe auf. Die stehenden Meiler unterscheidet man als

a) wälsche Meiler (Fig. 180),
b) slavische Meiler (Fig. 181),
c) Schwartenmeiler (Fig. 182).

Fig. 180.

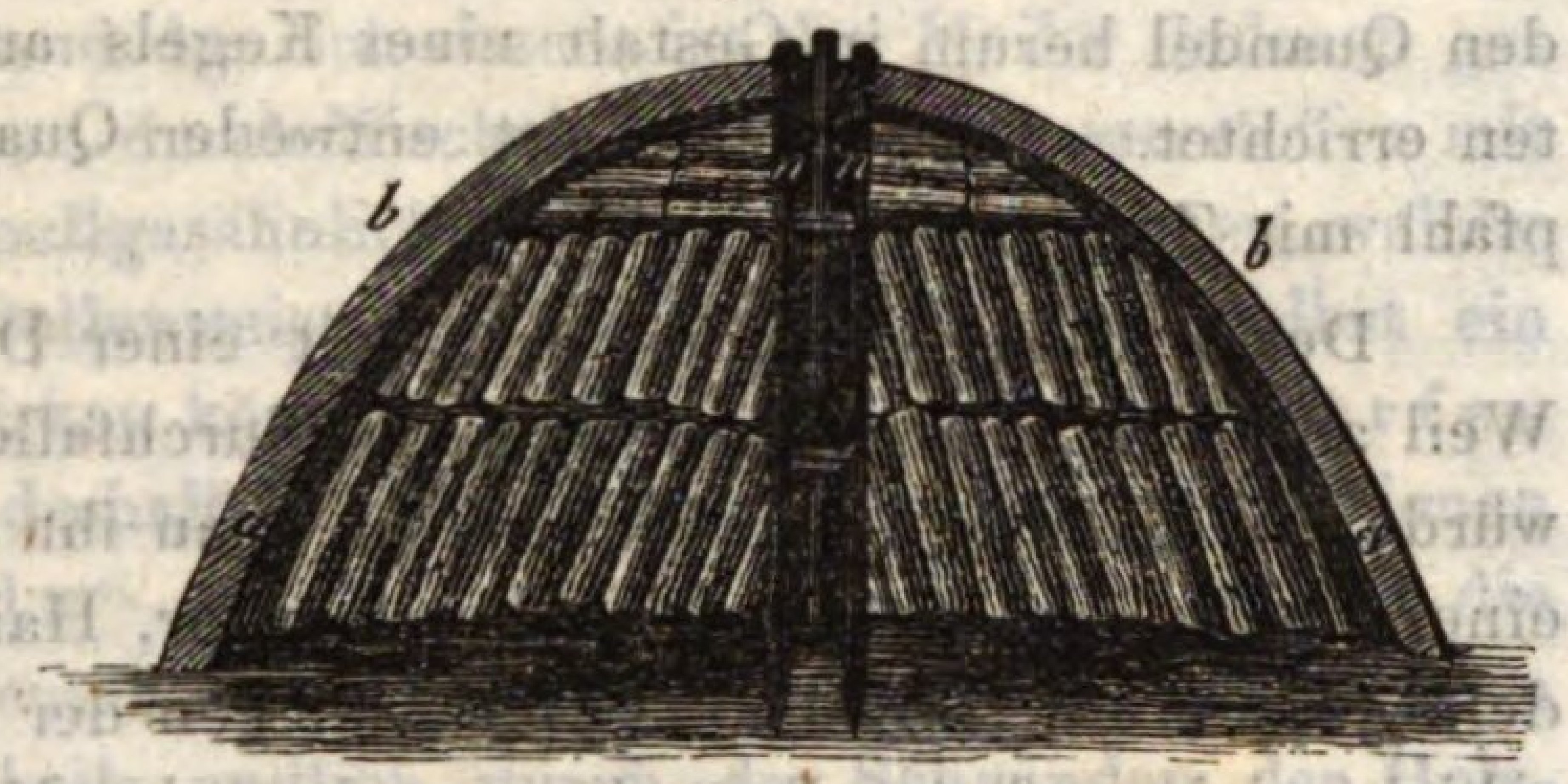
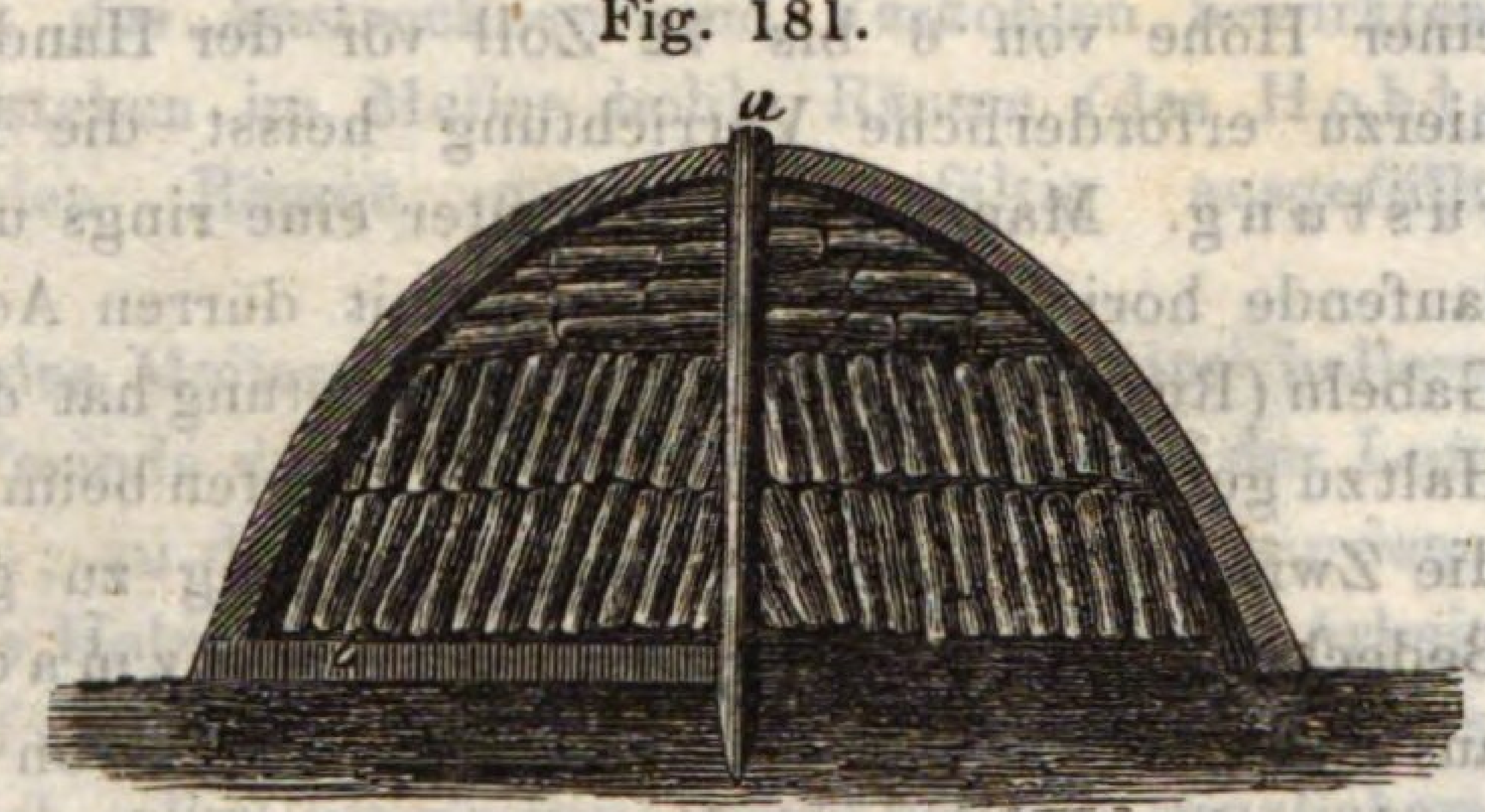



Fig. 181.



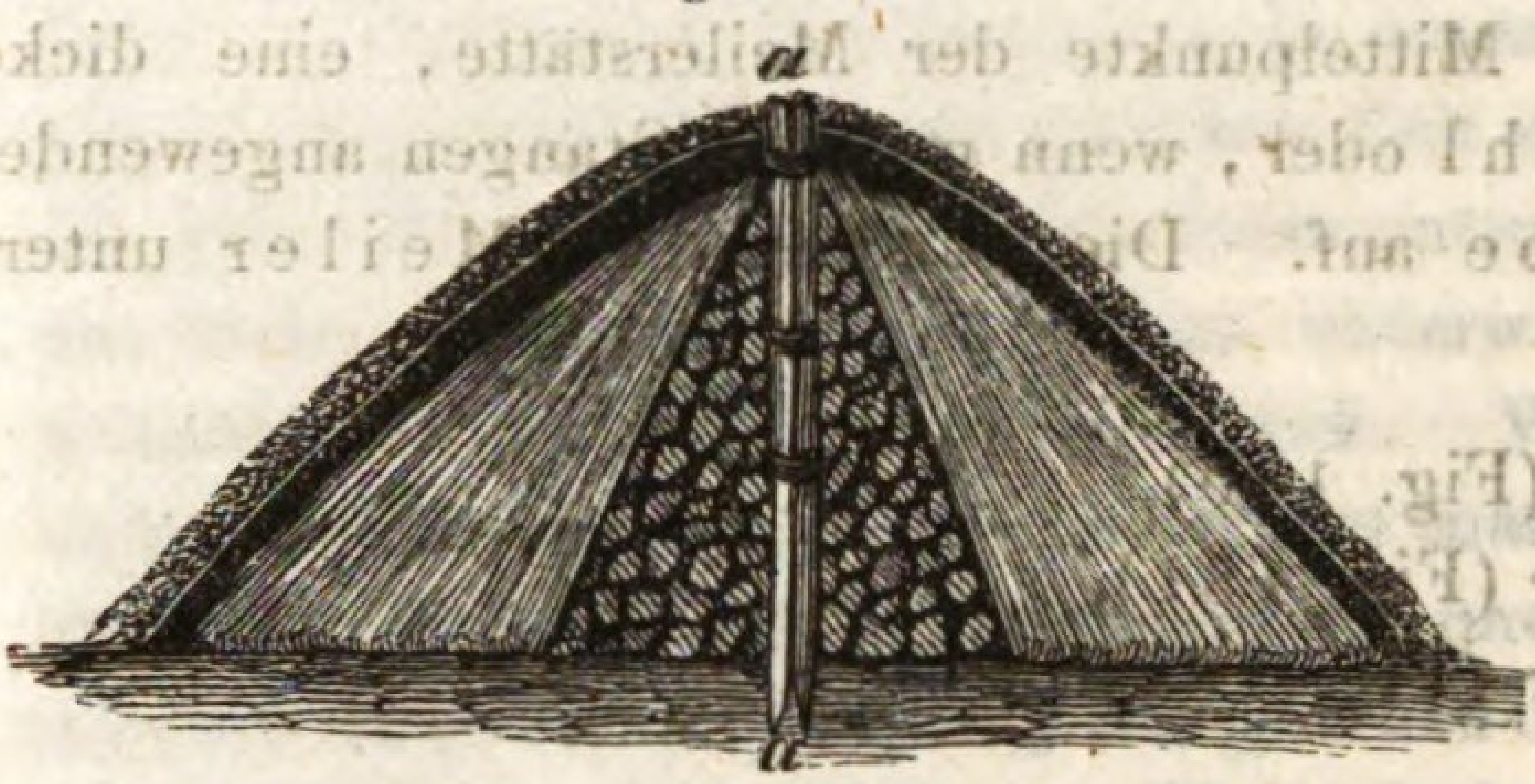

Ein wälscher oder italienischer Meiler (Fig. 180) hat als Quandel einen aus drei oder vier Stangen bestehenden Quandelschacht, in welchem die Stangen durch Holzspreise *n* auseinander gehalten werden, und besteht aus zwei oder drei Holzschichten (er ist zwei- oder dreischichtig); die conische Holzmasse wird durch horizontal gelegte Scheite abgerundet und der dadurch entstehende Aufsatz auf den eigentlichen Holzschichten heisst die Haube (*chemise*). Im unteren Theile des durch die Quandelstäbe gebildeten Schachtes häuft man harziges Holz an, durch welche später der Meiler in Brand gesetzt wird.

Der slavische Meiler (Fig. 181) unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch den Quandel, der hier aus einem eingerammten Pfahl besteht, ferner durch die Zündgasse *b*, einen bis zum Quandel gehenden Kanal, durch welchen der Meiler entzündet wird.

Eine dritte Art stehender Meiler ist der in Norwegen gebräuchliche Schwartenmeiler (Fig. 182), aus Schwarten, d. h. unregelmässig geformten, dünnen Brettern. Drei der grössten bilden den Quan-

delschacht *a a*, um welchen Raum man brennbare Stoffe anbringt und darauf einen kegelförmig aufgeschichteten Haufen von grösseren Holzabfällen, mit leicht entzündlichen Stoffen untermengt, setzt. Dieser Haufen bildet den Kern des Meilers, an welchen die Schwarten gelehnt werden.

Fig. 182.




Die liegenden Meiler bekommen im Aeussern die Gestalt der stehenden Meiler; die Scheite aber werden horizontal und radial in ein oder zwei concentrische Lagen eingelegt; die äussere Fläche wird parallel mit dem innern Holzkerne gemacht, welchen man zunächst um den Quandel herum in Gestalt eines Kegels aus aufrechtstehenden Scheiten errichtet. Der Quandel ist entweder Quandelschacht oder Quandelpfahl mit Zündgasse.

Der gerichtete Meiler wird mit einer Decke von Erde versehen. Weil aber die lockere Erde zu leicht durchfallen und das Feuer ersticken würde, so muss man den Meiler, ehe man ihn mit Erde bewirft, noch mit einer Decke von Rasen oder Reisig, Moor, Haidekraut, Schilf, Tannennadeln, Laub etc. versehen. Das Auflegen der Decke auf den Meiler geschieht nicht sofort vollständig, sondern der Meiler muss am Fusse bis zu einer Höhe von 6 bis 12 Zoll vor der Hand unbedeckt bleiben. Die hierzu erforderliche Vorrichtung heisst die Rüstung oder Unterrüstung. Man versteht darunter eine rings um den Umfang des Meilers laufende horizontale Umfassung mit dürren Aesten, welche in hölzernen Gabeln (Rüstgabeln) liegen. Die Rüstung hat den Zweck, theils der Decke Halt zu geben, theils aber auch, den Dämpfen beim Anzünden des Meilers durch die Zwischenräume an der Sohle Ausgang zu gestatten. Man macht die Bedeckung (das Bewerfen, Schwarzmachen oder Schwärzen) aus Erde oder besser mit einem Gemenge von Lehm, Erde und Kohlenstaub und giebt ihr eine überall gleiche Dicke von 3 — 5 Zoll. Die Haube des Meilers erhält eine stärkere und dicht geschlagene Erddecke, weil sie der Wirkung des Feuers am meisten ausgesetzt ist. Dort, wo Winde dem Meiler nachtheilig werden können, muss er an der Windseite mit Windschauern, aus Brettwänden oder Hecken bestehend, versehen werden.

Wie schon angeführt, unterscheidet man zwei verschiedene Arten des Anzündens:

1) das Anzünden von unten geschieht durch die Zündgasse oder das Zündloch mittelst einer Stange, der Zündstange und Zündruthe, an deren einem Ende ein brennender Strohwisch, Birkenschale oder dergleichen befestigt und zu dem Quandel hineingebracht wird;

2) das Anzünden von oben geht vor sich, indem man die im Quandelschacht enthaltenen Materialien anzündet, oder indem man in den Schacht zuerst glühende Kohlen und dann Kohlen und Brände darauf schüttet.

Kohlebrennen. Bei dem eigentlichen Kohlenbrennen sind drei Phasen zu unterscheiden:

1) das Schwitzen oder Abbähen,
2) das Treiben,
3) das Zubrennen des Meilers.

Der angezündete Meiler braucht zum Umsichgreifen des Feuers in seinem Innern eine weit grössere Luftmenge als ein schon längere Zeit angebrannter. Aus diesem Grunde ist der Fuss des Meilers im Anfange entweder ganz oder nur unvollständig bedeckt; durch die Ausbreitung des Feuers im Meiler entwickeln sich Wasserdämpfe, gemengt mit Producten der trocknen Destillation des Holzes, welche sich an den kälteren Stellen des Meilers zum Theil verdichten und eine Durchnässung, ein Schwitzen derselben bewirken. Während des Schwitzens ist der Meiler dadurch gefährdet, dass in seinem Innern durch Mischen von Kohlenwasserstoffen mit atmosphärischer Luft sich knallgasähnliche Gemische bilden können, welche durch ihre Explosion ein stellenweises Abwerfen der Decke, selbst ein Bersten der Holzmasse bewirken können. Man nennt dies das Werfen des Meilers. Geringe und deshalb für den Meiler gefahrlose Explosionen haben nur ein „Schütteln" der Meilerdecke zur Folge. Durch die schnelle Ausbreitung des Feuers, theils durch das wirkliche Verbrennen eines Theiles des Holzes, theils endlich durch das Schwinden der Holzmasse als Folge der durch das Austrocknen und Verkohlen bewirkten Volumenverminderung, entstehen im Meiler hohle Räume (das Hohlbrennen). Diese hohlen Räume müssen sorgfältig ausgefüllt werden.

Sobald die am Fusse des Meilers austretenden Dämpfe eine hellere Farbe zeigen, beginnt die Periode des Treibens. Der Zutritt der Luft muss jetzt verringert werden; zu dem Zwecke wird die locker gewordene Decke überall wieder an das Holz angeschlagen. Man nennt diese Arbeit das Umfassen oder Umfangen des Meilers. So bleibt derselbe 3 bis 4 Tage ganz in Ruhe und sich selbst überlassen, indem bei fast gänzlichem Abschluss der Luft die Verkohlung in dem treibenden Meiler durch die hohe Temperatur des Kerns geschieht. Nach etwa 4 Tagen ist der grösste Theil des Holzes verkohlt, ausgenommen eine sich unterhalb der Haube rings um den Meiler ziehende mantelförmige Schicht, deren Dicke gegen den Fuss hin zunimmt. Das Feuer muss nun so geleitet werden, dass es von der Haube aus abwärts und vom Kerne gegen den Meilerumfang zu gehe. Diese Operation heisst das Zubrennen, je langsamer sie vollendet wird, desto reichlicher ist die Kohlenausbeute. Wird der Rauch der Zuglöcher hell und blau, so ist dies ein Zeichen der Gare; die Löcher müssen dann geschlossen werden.

Nachdem das Garen des Meilers überall erfolgt ist, bleibt er etwa 24 Stunden lang zugedeckt und gegen den Luftzutritt geschützt zum Abkühlen stehen; darauf wird der Meiler abgeputzt und gelöscht. Gestübe und Decke werden mit der Krücke abgekratzt und dann wird das reine trockene Gestübe wieder auf den Meiler geworfen, damit es zwischen die Kohlen rinne und das Feuer ersticke. Nachdem der gelöschte Meiler 12 bis 24 Stunden gestanden ist, schreitet der Köhler zum Kohlenziehen oder Kohlenlangen.

Haufenverkohlung. Die Verkohlung des Holzes in Haufen oder in liegenden Werken wird besonders in dem südlichen Deutschland, in Russland und Schweden angewendet, sie unterscheidet sich dadurch von der Meilerverkohlung, dass bei derselben das Holz allmälig theilweise verkohlt wird, während man die verkohlten Stücke sogleich zieht. Das Holz kommt dabei in runden Stämmen oder Kloben, sehr selten als Scheitholz zur Verkohlung. Die Meilerstätte bildet ein rechtwinkliges längliches Viereck, dessen vordere und hintere Seiten kürzer sind, als die beiden anderen. Von vorn nach hinten steigt die Stätte etwas und die beiden langen Seiten werden durch eine Reihe senkrecht stehender, starker hölzerner Pfähle dergestalt begrenzt, dass beide Reihen parallel laufen. Fig. 183 und 184 zeigen einen gerichteten Haufen und zwar 183 in der perspectivischen Ansicht und Fig 184 im verticalen Durchschnitte. *a a* sind die Pfähle mit den Schindeln, *h* ist die Löschdecke, *b* ein am Fussende

Fig. 183.

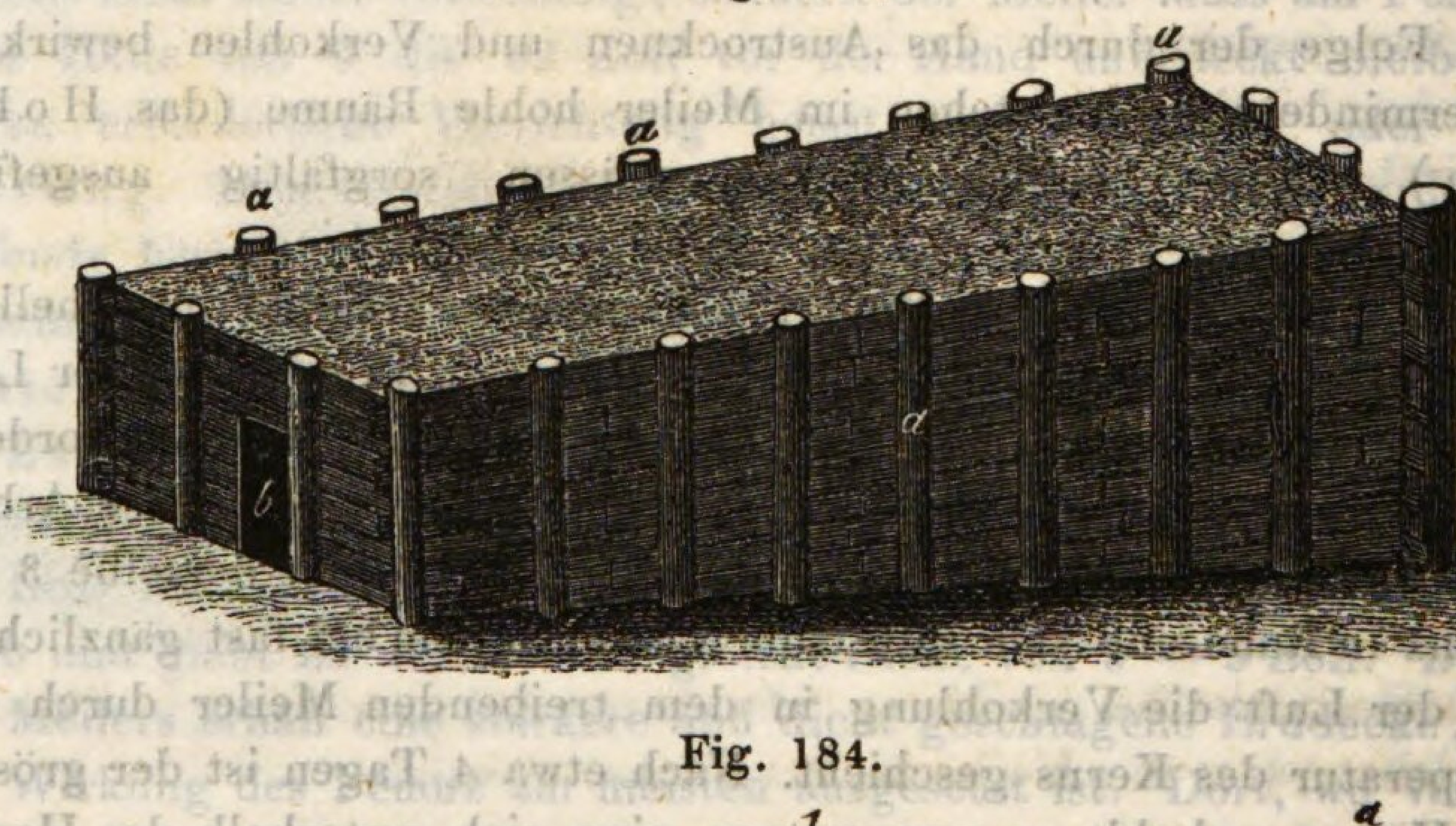
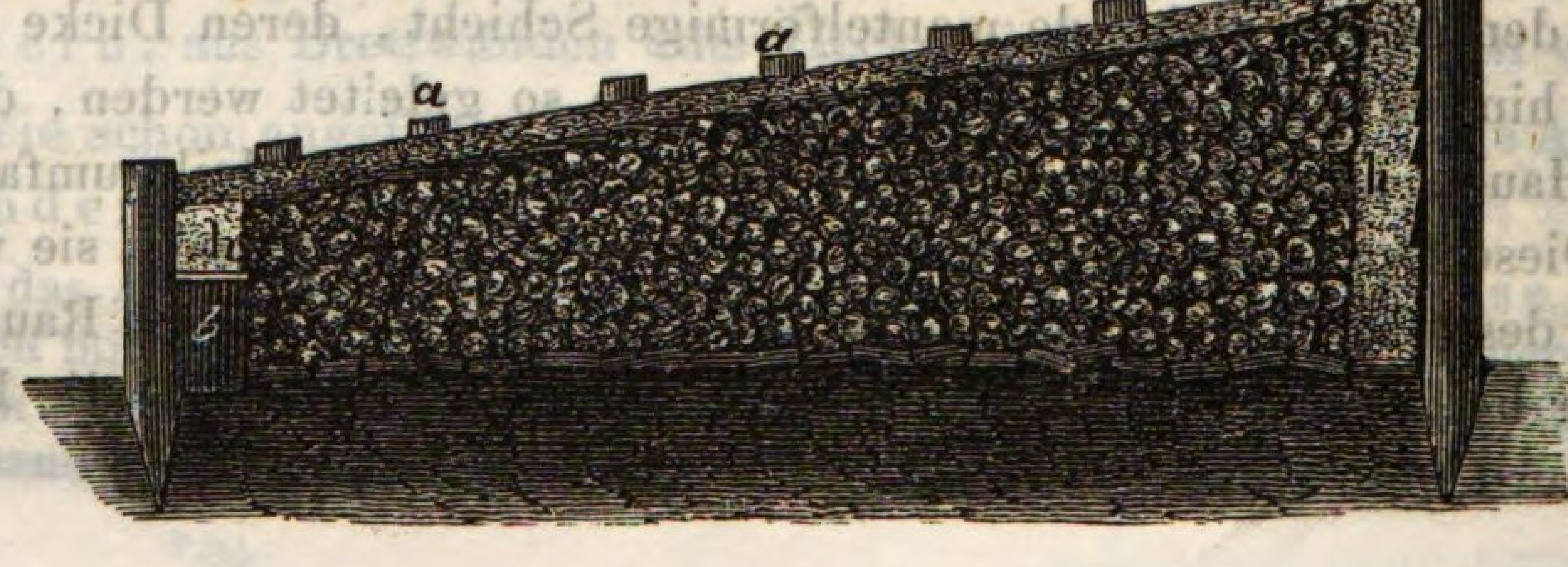



Fig. 184.



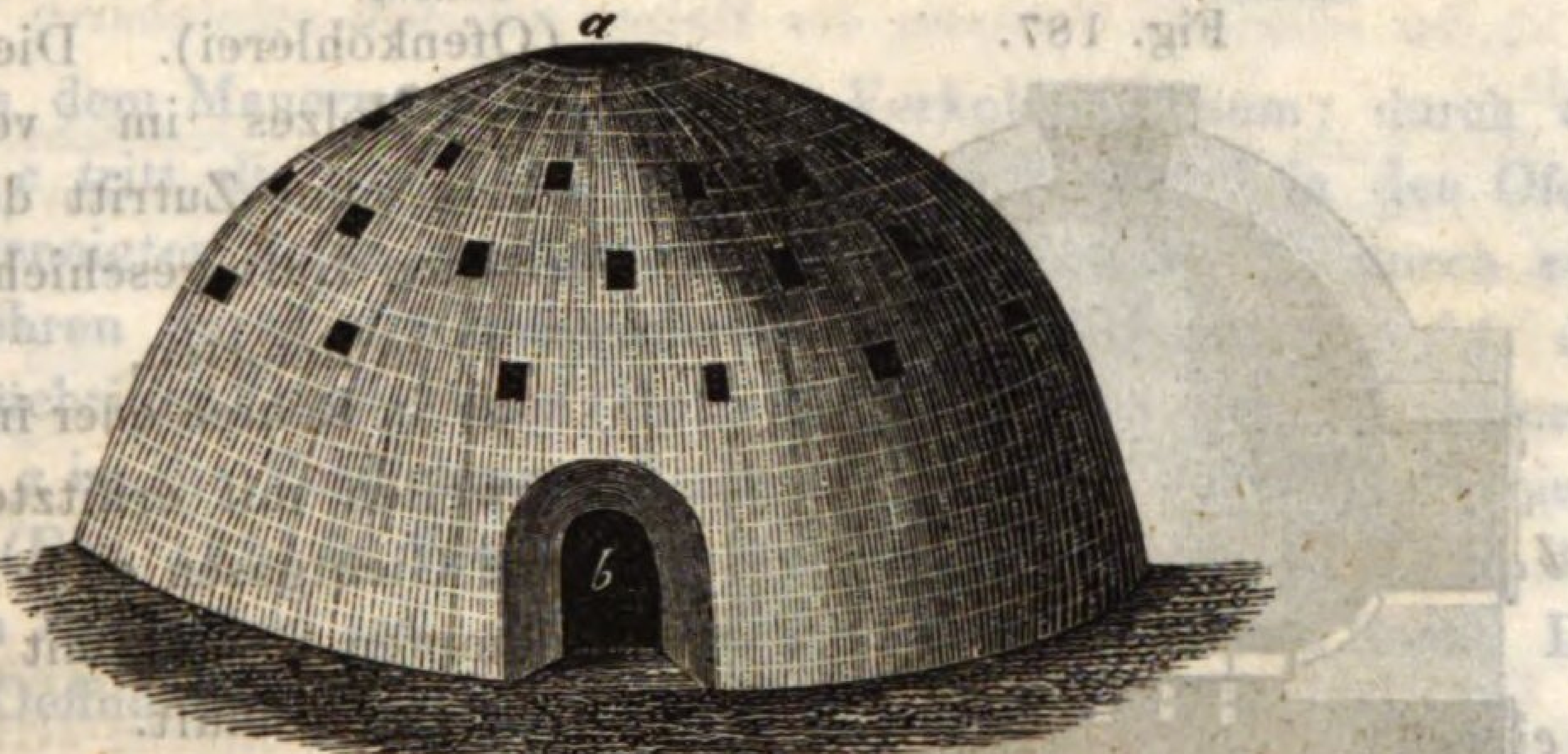
befindlicher, für das Anzünden aufgesparter Raum (das Feuerhaus). In dem Maasse, als das Feuer vorrückt, werden die vorn erzeugten Kohlen schon gezogen, wobei der Köhler nur darauf zu sehen hat, dass sich das Feuer nicht ungleich fortziehe und dass das sogenannte Segel, der Rücken des Haufens, immer gerade oder auf die beiden Pfahlreihen senkrecht bleibe.

Verkohlung in Meileröfen.

Verkohlung in Meileröfen. Die Meileröfen sind als feststehende und gemauerte Meiler zu betrachten, in welchen genau so wie in den gewöhnlichen Meilern durch die Verbrennung eines Antheiles Holz im Innern durch geringen Luftzutritt die Verkohlungshitze erzeugt wird. Sie haben vor den Meilern mit beweglicher Decke das voraus, dass die Producte der trocknen Destillation besser und vollständiger condensirt werden können, dagegen soll die dabei gewonnene Kohle, was Menge und Güte betrifft, der Meilerkohle nachstehen. Man unterscheidet Meileröfen, die hinsichtlich ihrer Form den eigentlichen Meilern und den Haufen entsprechen oder sich bereits den Verkohlungsöfen nähern.

Fig. 185 zeigt einen der einfachsten Meileröfen; die zu verkohlenden Scheite werden darin wie in dem Meiler stehend oder liegend aufgeschichtet. Das Holz wird entweder durch die Oeffnung *a* oder durch die

Fig. 185.

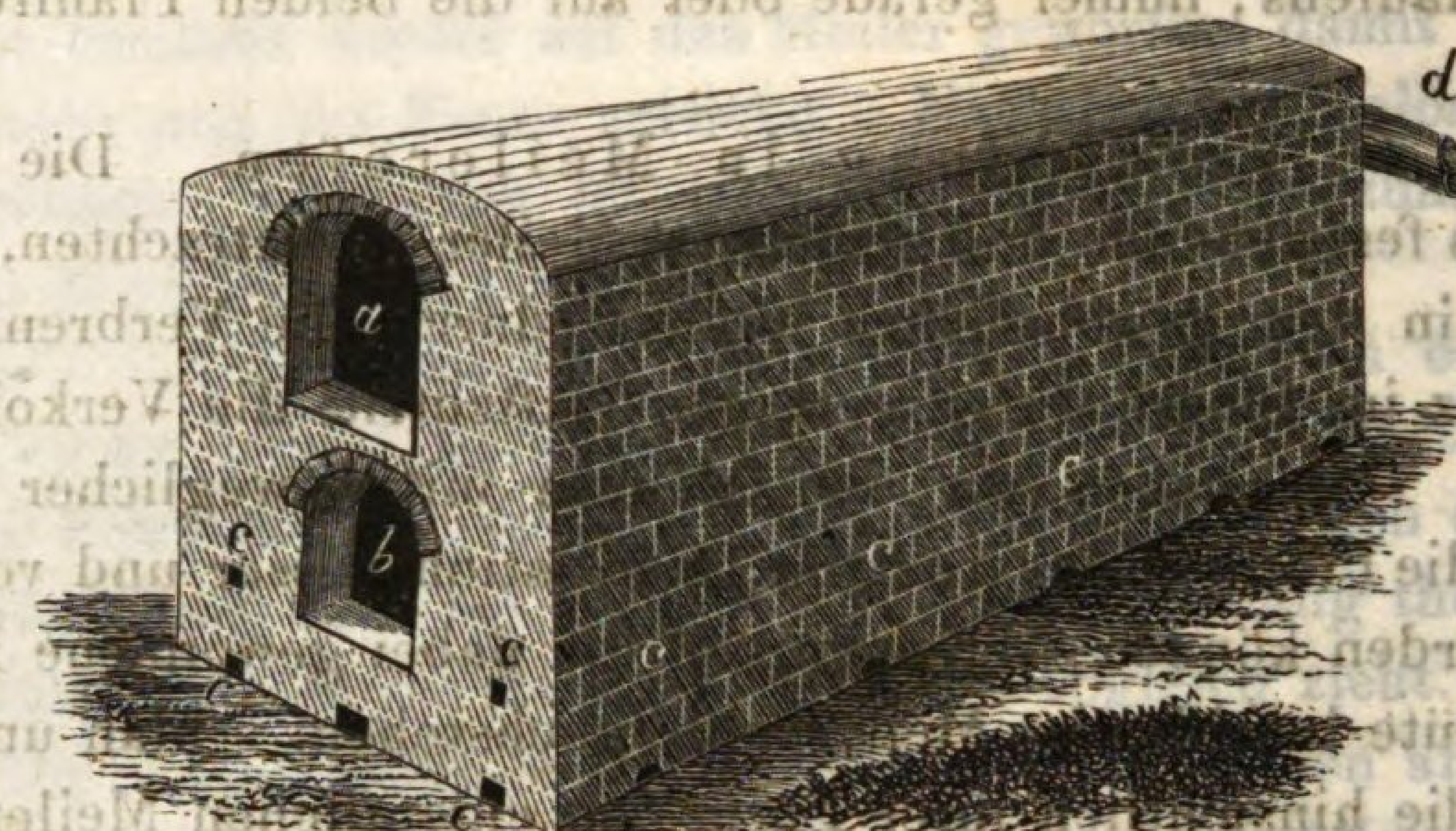



Thüre *b* eingeführt; von der Thüre bis in die Mitte der Sohle geht die Zündgasse. Mit Ausnahme eines geringen Theiles der Thüröffnung und des Loches *a* werden alle Oeffnungen vermauert und erst bei dem Kohlenziehen wieder geöffnet. Nachdem das Holz genügend in Brand gerathen ist, werden *b* und *a* verschlossen. Die an dem oberen Ende des Meilerofens befindlichen kleinen Oeffnungen entsprechen den Rauchlöchern des Meilers.

Bei dem Fig. 186 (siehe nächste Seite) abgebildeten Meilerofen dienen die beiden Thüröffnungen *a* und *b* zum Eintragen des Holzes, *b* ausserdem auch zum Kohlenziehen, *c c c* sind die Registeröffnungen, durch das eiserne Rohr *d* werden die flüchtigen Producte in einen Verdichtungsapparat geleitet. Während der Verkohlung sind *a* und *b* verschlossen.

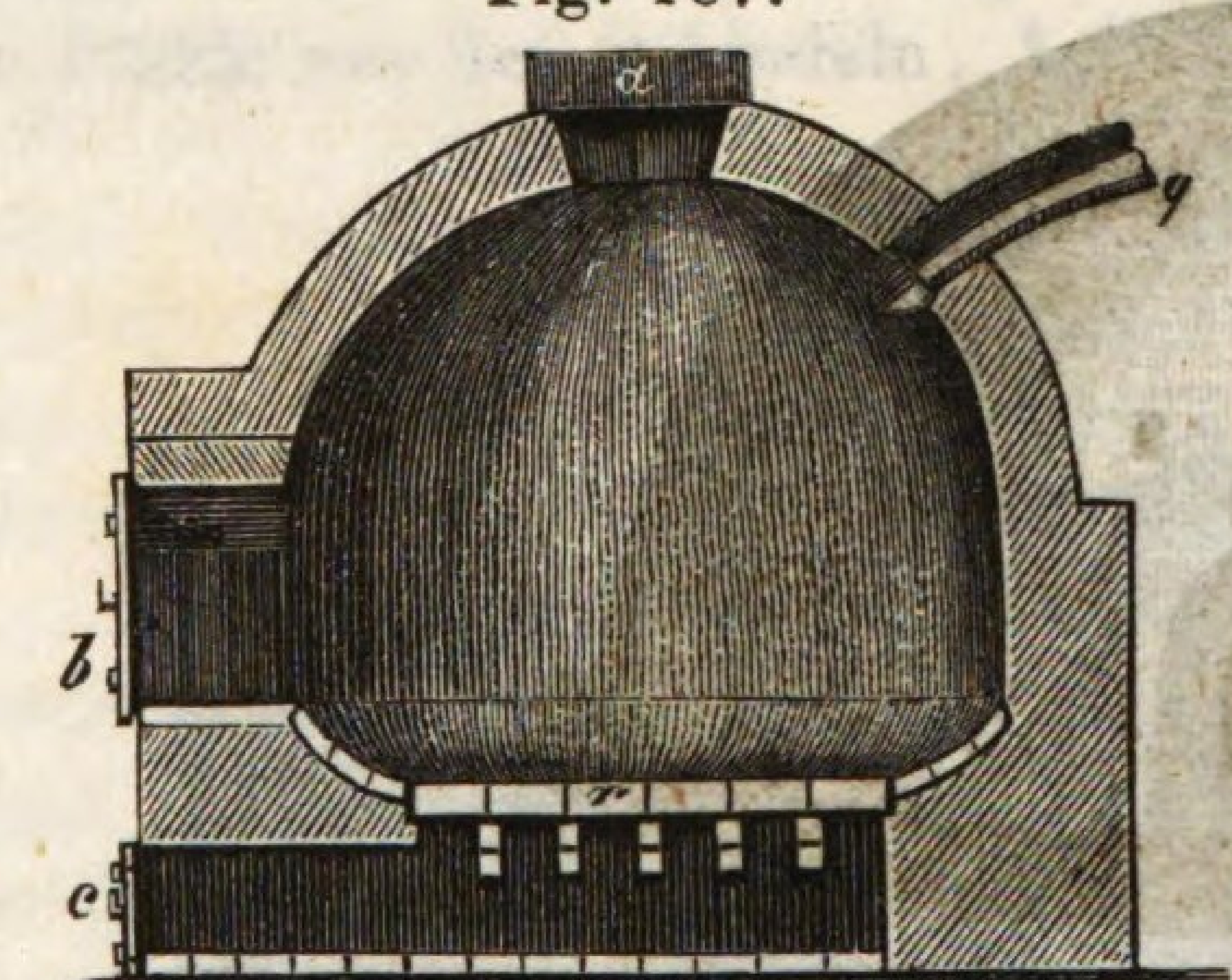
Der Theer sammelt sich grösstentheils auf der Ofensohle und fliesst in ein Reservoir. Unter der gewölbten Thüröffnung *b* befindet sich eine kleine Oeffnung, welche als Mündung der Zündgasse dient.

Fig. 186.




Der Fig. 187 abgebildete Meilerofen ist so eingerichtet, dass der Zutritt der Luft durch den Rost *r* stattfindet. Das Eintragen des Holzes geschieht durch die Oeffnungen *a* und *b*. *q* ist das Abzugsrohr für die flüchtigen Producte.

Fig. 187.




Ofenverkohlung.

Ofenverkohlung (Ofenköhlerei). Die Verkohlung des Holzes im verschlossenen Raum ohne Zutritt der atmosphärischen Luft geschieht

1) in Retorten,
2) in Röhren oder in Cylindern,

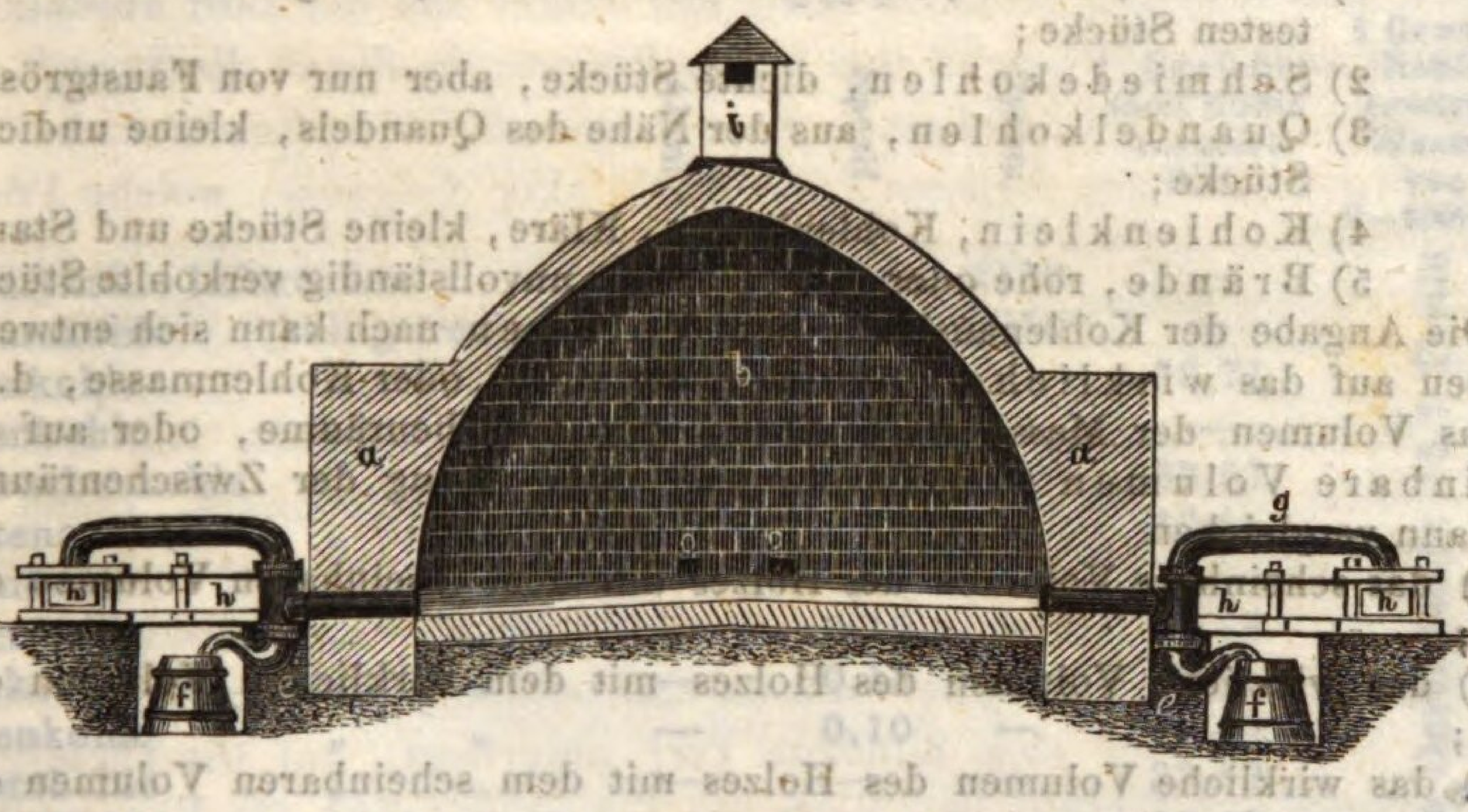
zuweilen mit erhitzter Luft oder mit Gichtgasen oder mit Wasserdämpfen oder mit Anwendung von Gebläseluft.

Was die Verkohlung des Holzes in Retortenöfen betrifft, so geht dieselbe dadurch vor sich, dass man das in eisernen oder thönernen Retorten eingeschlossene Holz von aussen erhitzt und für den Abzug und die vollständigste Verwerthung der flüchtigen Producte Sorge trägt. In vielen Fällen ist die Theergewinnung, in anderen die Gaserzeugung Hauptzweck.

In den Röhrenöfen geschieht die Erhitzung und Verkohlung der eingeschlossenen Holzmasse nicht von aussen, sondern von innen durch glühend gemachte eiserne Röhren, welche durch den Ofen hin- und hergezogen sind, ausserhalb mit einer Feuerung in Verbindung stehen und in eine Esse ausmünden. Anstatt die heisse Luft und die Flamme durch eiserne Röhren zu leiten, kann man auch die eisernen Röhren beseitigen

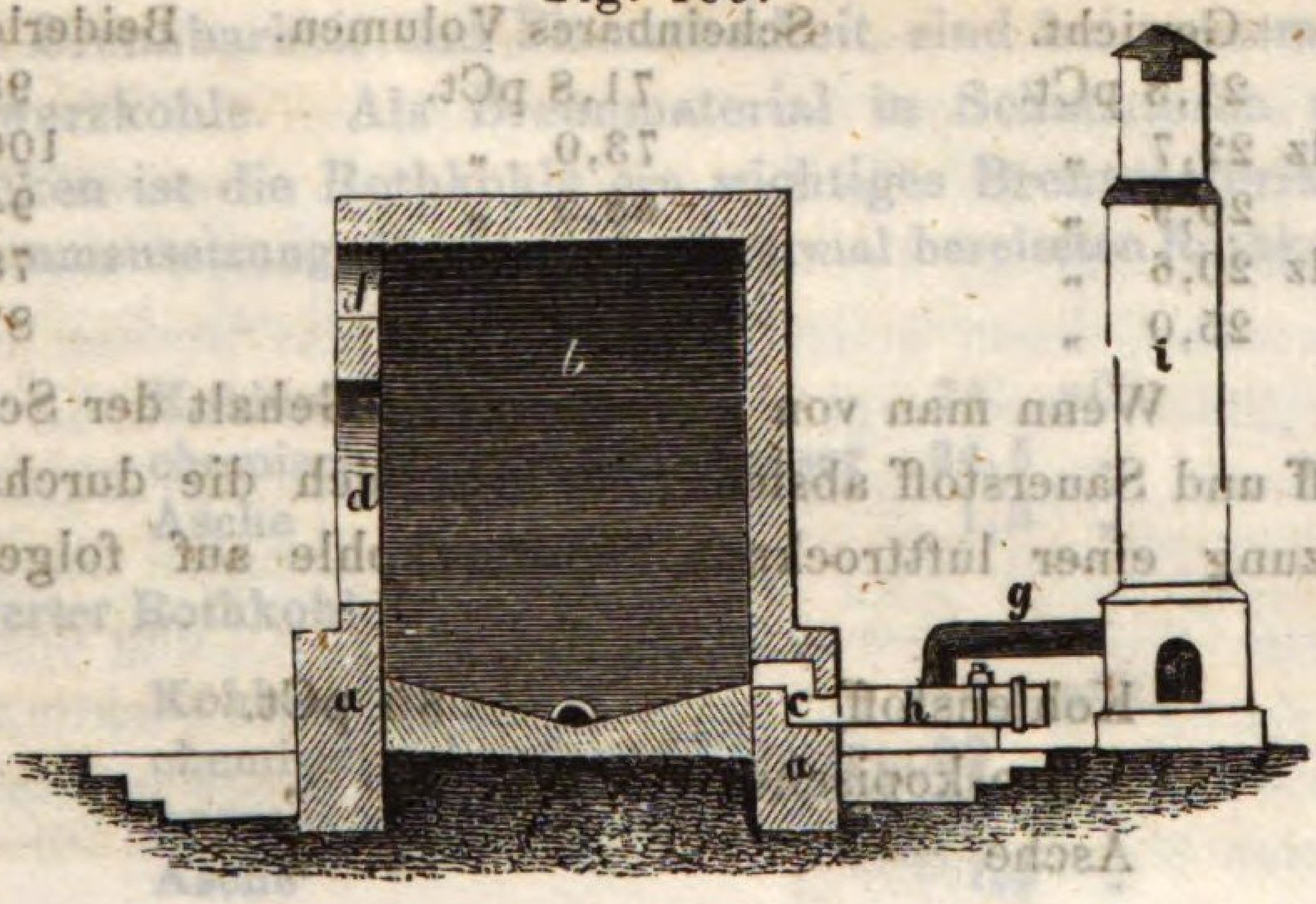
und das Holz ohne Weiteres durch die erhitzte Luft verkohlen, wenn man nur dafür sorgt, dass die Flamme und die heisse Luft so vollständig als möglich ihres Sauerstoffs beraubt sind. Hierdurch erspart man nicht nur die Röhren und beträchtlich an Brennmaterial, sondern bewirkt auch eine schnellere und gleichmässigere Verkohlung. Nach diesem Princip ist der von Schwarz construirte schwedische Verkohlungsofen eingerichtet. Fig. 188 zeigt den senkrechten Längendurchschnitt dieses Ofens.

Fig. 188.




*b* ist der von dem Mauerwerk *a* umgebene Verkohlungsraum; durch die Oeffnungen *c c* tritt die zur Verkohlung dienende Feuerluft in den Ofen. Die auf der geneigten Sohle verdichteten Flüssigkeiten treten durch eingemauerte Röhren durch die Heberröhren *e e* in die Theerfässer *f f*; die Dämpfe der flüchtigen Flüssigkeiten (Holzessig, Holzgeist etc.) treten durch die Röhren *g g* in die Verdichtungskästen *h h*, welche letztere mit einer hohen Esse *i* (Fig. 189) in Verbindung stehen, welche dem Apparat den erforderlichen Zug geben soll. Die Feuerherde haben keinen Rost. Die überwölbten Oeffnungen *d d* dienen zum Eintragen des Holzes.

Fig. 189.



Eigenschaften der Kohle.

Je nach der Art des Holzes, welches zur Darstellung der Holzkohle diente, unterscheidet man harte Kohle (Kohle von harten Hölzern) und weiche Kohle (Kohle von weichen Hölzern), welche letztere entweder Laubholz- oder Nadelholzkohle ist, je nach dem Grad der Verkohlung die vollständig verkohlte Schwarzkohle und die durch unvollständige Verkohlung erhaltene Röst- oder Rothkohle (*charbon roux*).

Nach der Grösse theilt man die Holzkohlen in:

1) Stück-, Grob-, Lese- oder Ziehkohlen, die grössten und dichtesten Stücke;
2) Schmiedekohlen, dichte Stücke, aber nur von Faustgrösse;
3) Quandelkohlen, aus der Nähe des Quandels, kleine undichte Stücke;
4) Kohlenklein, Kohlenlösche, Kläre, kleine Stücke und Staub;
5) Brände, rohe oder rothe Kohlen, unvollständig verkohlte Stücke.

Die Angabe der Kohlenausbeute dem Volumen nach kann sich entweder beziehen auf das wirkliche Volumen der Holz- oder Kohlenmasse, d. h. auf das Volumen der Masse nach Abzug der Zwischenräume, oder auf das scheinbare Volumen (Gemässvolumen) ohne Abzug der Zwischenräume. Man kann vergleichen

a) das scheinbare Volumen des Holzes mit dem scheinbaren Volumen der Kohle;

b) das wirkliche Volumen des Holzes mit dem wirklichen Volumen der Kohle;

c) das wirkliche Volumen des Holzes mit dem scheinbaren Volumen der Kohle.

Man kann die erste Methode das Ausbringen nach dem scheinbaren Volumen (I), die zweite das Ausbringen nach dem wirklichen Volumen (II), die dritte das Ausbringen nach beiderlei Volumen (III) nennen.

Nach der Methode (I) erhielt man folgende Resultate:

| | | |
|---|---|---|
| Eichenholz | 71,8 bis 74,3 pCt. | Kohle |
| Rothbuchenholz | 73,0 | „ „ |
| Birkenholz | 68,5 | „ „ |
| Hainbuchenholz | 57,2 | „ „ |
| Föhrenholz | 63,6 | „ „ |

Dem wirklichen Volumen nach (II) betrug als Mittel verschiedener Versuche die Kohlenausbeute 47,6 pCt. Nach beiderlei Volumen (III) erhielt man in Eisleben folgende Resultate:

| | Gewicht. | Scheinbares Volumen. | Beiderlei Volumen. |
|---|---|---|---|
| Eichenholz | 21,3 pCt. | 71,8 pCt. | 98,7 pCt. |
| Rothbuchenholz | 22,7 „ | 73,0 „ | 100,4 „ |
| Birkenholz | 20,9 „ | 68,5 „ | 94,2 „ |
| Hainbuchenholz | 20,6 „ | 57,2 „ | 78,6 „ |
| Föhrenholz | 25,0 „ | 63,6 „ | 87,2 „ |

Zusammensetzung der Kohle.

Wenn man von dem geringen Gehalt der Schwarzkohle an Wasserstoff und Sauerstoff absieht, so lässt sich die durchschnittliche Zusammensetzung einer lufttrocknen Schwarzkohle auf folgende Weise ausdrücken:

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 85 pCt. |
| hygroskopisches Wasser | 12 „ |
| Asche | 3 „ |

**Brennbarkeit und Heizwerth.** Die Brennbarkeit der frisch dargestellten Schwarzkohle ist ausserordentlich gross, insofern dieselbe, einmal entzündet, bei dem nöthigen Luftzuge fortbrennt; die Entzündungstemperatur derselben liegt dagegen, weil die Kohle fast keine flüchtigen brennbaren Substanzen enthält und ausserdem ein schlechter Wärmeleiter ist, sehr hoch.

Der Wärmeeffect verschiedener Holzkohlen ergiebt sich aus folgender Tabelle:

| | | Wärmeeffect C = 1 Absol. | Specif. | Pyrom. | 1 Gewichtstheil Kohle reducirt Blei. | 1 Gewthl. Kohle erwärmt Wasser von 0—100° C. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schwarzkohle lufttrocken | | 0,97 | — | 2450 | — | Im Durchschnitt 75,7 Theile |
| Schwarzkohle | völlig trocken | 0,84 | — | 2350 | — | |
| Birkenkohle | „ „ | — | 0,20 | — | 33,71 | |
| Eschenkohle | „ „ | — | 0,19 | — | — | |
| Rothbuchenkohle | „ „ | — | 0,18 | — | 33,57 | |
| Rothtannenkohle | „ „ | — | 0,17 | — | 33,51 | |
| Ahornkohle | „ „ | — | 0,16 | — | — | |
| Eichenkohle | „ „ | — | 0,15 | — | 33,74 | |
| Erlenkohle | „ „ | — | 0,13 | — | 32,4 | |
| Lindenkohle | „ „ | — | 0,10 | — | 32,79 | |
| Fichtenkohle | „ „ | — | — | — | 33,53 | |
| Weidenkohle | „ „ | — | — | — | 33,49 | |

**Die Rothkohle oder Röstkohle.** Da die vollständige Verkohlung des Holzes einen fast 40 pCt. betragenden Verlust von Brennstoff nach sich zieht, so hat man sich seit einer Reihe von Jahren bemüht, die Verkohlung des Holzes nur bis zu dem Grade fortzusetzen, bei welchem die Kohle noch eine schwärzlich braune Farbe zeigt. Die Erfahrung hat gelehrt, dass, wenn das lufttrockene Holz etwa 60—70 pCt. von seinem Gewicht verloren hat, man diejenige Kohle erhält, welche man Roth- oder Röstkohle (*charbon roux*) nennt. Sie liegt in der Mitte zwischen Holzkohle und gedarrtem Holz, ist weit sauerstoffreicher, leicht zerreiblich, locker, aber weniger porös. Ihre Brennbarkeit und Flammbarkeit sind bei weitem grösser als die der Schwarzkohle. Als Brennmaterial in Schachtöfen zu metallurgischen Zwecken ist die Rothkohle ein wichtiges Brennmaterial.

Die Zusammensetzung der frisch und normal bereiteten Rothkohle ist ungefähr folgende:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 74 | pCt. |
| chemisch gebundenes Wasser | 24,5 | „ |
| Asche | 1,5 | „ |

die von gelagerter Rothkohle:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 66,5 | pCt. |
| chemisch gebundenes Wasser | 22 | „ |
| hygroskopisches Wasser | 10 | „ |
| Asche | 1,5 | „ |

## Der Torf.

Der Torf ist das Product der freiwilligen Zersetzung von Vegetabilien, wozu auch noch Mineralstoffe, wie Sand, Lehm, Thon, Kalk, Eisenkies, Eisenocker u. s. w. kommen. Torflager werden sich vorzüglich an solchen Orten bilden, welche zwar noch eine genügende Temperatur zur Entwickelung der Vegetation, aber vor Allem stehendes Wasser besitzen, welches den Torf den grössten Theil des Jahres von der Luft abschliesst; es stauen sich die Wasser an und bilden Sümpfe, in denen die Sumpf- oder Torfpflanzen, vorzüglich folgende Arten wachsen: *Eriophorum*, *Erica*, *Calluna*, *Ledum palustre*, *Hypnum*, vor Allem aber *Spagnum*, welche Pflanze zur Torfbildung sich vorzugsweise eignet, weil sie nie ganz abstirbt, sondern oben beständig fortwächst und sich verzweigt, während die älteren Theile verwesen.

Die abweichende Beschaffenheit des Torfes ist theils von der Verschiedenheit der Pflanzen abhängig, aus denen er sich bildet, theils von der vollkommeneren oder unvollkommeneren Zersetzung der Vegetabilien, theils auch von der Natur und der Quantität der mit der Torfsubstanz sich vermengenden erdigen Theile. Es ist einleuchtend, dass der verschiedene Druck, welchem der sich bildende Torf unterliegt, auf die Dichtigkeit seiner Masse von Einfluss ist. Nach der Verschiedenheit der Vegetabilien, aus welchen der Torf sich erzeugte, lassen sich unterscheiden:

1) Moortorf, zu welchem Spagnumarten hauptsächlich das Material darboten;

2) Haidetorf, der besonders aus den Wurzeln und Stämmen der eigentlichen Haidepflanzen sich erzeugte;

3) Wiesentorf, aus Gras und Schilf gebildet;

4) Wald- oder Holztorf, der hauptsächlich aus dem Holze von Waldbäumen entstand;

5) Meertorf, der aus Tangen sich bildete.

Hinsichtlich seiner Gewinnung theilt man den Torf ein 1) in Stechtorf, welcher unmittelbar aus den Torfmooren in ziegelähnlichen Stücken ausgestochen wird; die Ziegel der obersten jüngeren und faserigen Schicht heissen Rasentorf, die der darunter liegenden schweren Moortorf; 2) Baggertorf und 3) Streich- und Presstorf werden aus breiförmiger Moormasse, deren weiche Beschaffenheit das Stechen nicht zulässt, gebildet oder gleich Mauerziegeln geformt. Ist die Masse zu dünnflüssig, wie es in Holland, Westphalen, auch im nördlichen Frankreich der Fall ist, so wird ein Theil des Wassers durch die sogenannten Baggernetze abgeseiht. Diese Operation nennt man das Baggern und den so erhaltenen Torf Baggerdorf. Um dem Torf eine grössere Dichte zu ertheilen, wird er zuweilen durch besonders construirte Torfpressen gepresst und führt dann den Namen Presstorf.

Der Wassergehalt von frischem Torf ist sehr beträchtlich; durch längeres Lagern kann er 45 pCt. von seinem ursprünglichen Gewichte verlieren. Nehmen wir mit Scheerer an, dass die organische Masse des Torfes als bestehend betrachtet werden kann aus

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 60 | Proc. |
| Wasserstoff | 2 | ,, |
| Wasser | 38 | ,, |

so besteht die beste Sorte von lufttrocknem Torf aus

| | | |
|---|---|---|
| fester Torfmasse (incl. Asche) | 75 | Proc. |
| hygroskopischem Wasser | 25 | ,, |

oder aus

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 45,0 | Proc. |
| Wasserstoff | 1,5 | ,, |
| chemischgebundenem Wasser | 28,5 | ,, |
| hygroskopischem Wasser | 25,0 | ,, |

Die Zusammensetzung der Torfasche ergiebt sich aus folgenden Analysen. Charakteristisch ist der Gehalt an Phosphorsäure, welcher weit grösser ist, als in der Holzasche.

Nach E. Wolff enthielten zwei Torfaschen aus der Mark:

| | | |
|---|---|---|
| Kalk | 15,25 | 20,00 |
| Thonerde | 20,50 | 47,00 |
| Eisenoxyd | 5,50 | 7,50 |
| Kieselerde | 41,00 | 13,50 |
| phosphorsauren Kalk mit Gyps | 3,10 | 2,60 |

Entwässern des Torfes.

Die Brauchbarkeit und der Werth einer Torfart ist von ihrem Gehalte an Wasser und mineralischen Bestandtheilen abhängig. Die theilweise Entwässerung geschieht:

1) durch Trocknen an der Luft im Freien oder in Stadeln; der Torf enthält lufttrocken immer noch 25 pCt. hygroskopisches Wasser;

2) durch Darren bei einer Temperatur von 100 bis 120° C. Man wendet hierzu Darröfen oder Darrkammern an, welche entweder durch eine eigene Feuerung oder durch die verloren gegangene Hitze einer andern Feuerung geheitzt werden;

3) durch Pressen; die dadurch zu erzielenden Vortheile sind a) Verdichtung der Masse, mithin grösserer pyrometrischer Wärmeeffect, b) vermindertes Volumen, daher bequemerer Transport, namentlich zu Wasser, wo die Transportkosten mehr dem Volumen als dem Gewicht nach berechnet werden; c) Entwässerung. In Bezug auf das Pressen des frischen Torfes hat die Erfahrung gezeigt, dass dasselbe nicht vortheilhaft ist, da sich durch das Pressen der Torf mit einer dichten, dem Wasser schwer durchdringlichen Rinde überzieht, welche das nachherige Austrocknen bedeutend erschwert.

In neuerer Zeit verdichtet man den Torf dadurch, dass man ihn in noch nassem Zustande zerquetscht oder mahlt, um seine ursprüngliche Structur zu zerstören und ihn in einen gleichförmigen Brei zu verwandeln, dessen Verdichtung weit leichter zu bewerkstelligen ist, als die von frischem und rohem Torf. Ein hierher gehöriges Verfahren ist von Challeton und von Exter eingeführt.

Heizwerth des Torfes.

Die Brennbarkeit des Torfes ist wegen des in der Regel

grossen Aschen- und Wassergehaltes geringer als die des Holzes, dasselbe gilt von der Flammbarkeit.

Nach Karmarsch sind ihrem absoluten Wärmeeffect nach

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 Kilogr. gelber Torf | = | 94,6 | Kilogr. lufttrocknem Fichtenholz, |
| „ „ brauner „ | = | 107,6 | „ „ „ |
| „ „ Erdtorf | = | 104,0 | „ „ „ |
| „ „ Pechtorf | = | 110,7 | „ „ „ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 Kubikmeter gelber Torf | = | 33,2 | Kubikmeter Fichtenholz, |
| „ „ brauner „ | = | 89,7 | „ „ |
| „ „ Erdtorf | = | 144,6 | „ „ |
| „ „ Pechtorf | = | 184,3 | „ „ |

Mit diesen Resultaten stimmen auch die von Brix erhaltenen überein. Karsten giebt an, dass bei Siedeprocessen

$2^1/_2$ Gewichtstheil Torf = 1 Gewichtstheil Steinkohle,
4 Volumen Torf = 1 Volumen Steinkohle.

Neue Verwendung des Torfes.

Der Torf hat seit etwa 8 bis 10 Jahren eine neue Anwendung dadurch gefunden, dass man seine Producte der trocknen Destillation auf Leuchtmaterialien (Paraffin, Photogen, Solaröl) verarbeitet. Die Gewinnung des Paraffins aus irländischem Torf im Grossen wurde schon 1849 von Reece versucht; fortgesetzte Versuche von Kane und Sullivan ergaben das Resultat, dass 1 Tonne Torf ungefähr 1,36 Kilogr. Paraffin, 9 Liter eines zur Beleuchtung geeigneten flüchtigen Oeles und 4,54 Liter eines fixen Oeles liefere, welches als Maschinenschmiere Anwendung finden könne.

100 Th. lufttrocknen Torfes geben im Durchschnitte

| | |
|---|---|
| leichtes Oel oder Turfol | 1,763 |
| Schmieröl | 1,771 |
| Asphalt | 1,558 |
| Paraffin | 0,300 |
| Koks | 35,312 |
| Wasser | 40,000 |
| Gas | 15,625 |
| Kreosot und Verlust | 3,669 |

## Torfkohle.

Torfkohle.

In vielen Gegenden Deutschlands steht die Verwendung des Torfes als Brennmaterial in keinem Verhältniss zu den vorhandenen Torflagern; grosse Strecken Torfmoore liegen fast unbenutzt oder werden doch nicht in einem solchen Umfange ausgebeutet, als die vorhandene Menge und die Wiedererzeugung des Torfes gestatten. Der Grund davon liegt in der Unbequemlichkeit, welche mit der Verwendung des Torfes verknüpft ist: sein Volumen ist im Vergleich zu seiner Heizkraft meist ein sehr grosses, bei seiner Verbrennung erzeugen sich unangenehm riechende Producte, welche den Torf zur Zimmerheizung fast unbrauchbar machen. Man sucht daher den Torf dadurch zu verbessern, dass man ihn in Torfkohle verwandelt.

Die Zusammensetzung der Torfkohle ist wegen der schwankenden Zusammensetzung der Torfsorten eine sehr verschiedene.

Nach Scheerer lässt sich die Zusammensetzung der äussersten Glieder auf folgende Weise ausdrücken:

| | Torfkohle, erste Qualität. | Torfkohle, schlechteste Qualität |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 86 | 34 |
| hygroskopisches Wasser | 10 | 10 |
| Asche | 4 | 56 |

Ueber den absoluten und specifischen Wärmeeffect der Torfkohle lässt sich nach den wenigen Daten, die vorliegen, keine sichere Angabe machen. Gewöhnliche Torfkohle kommt in ihrem specifischen Wärmeeffect dem der Holzkohle sehr nahe, im Uebrigen steht sie in den meisten Fällen bezüglich ihrer Brauchbarkeit hinter der Holzkohle zurück, weil sie wegen ihrer geringen Dichtigkeit und der grossen Menge staubförmiger Asche kein intensives Feuer zu geben vermag. Der Benutzung in Schachtöfen steht ihre leichte Zerdrückbarkeit entgegen, indem sie sich leicht, namentlich in den tieferen Theilen des Schachtes, zu einer dichten Masse zusammenballt, welche der Gebläseluft den Durchgang erschwert und den Schmelzprocess in Unordnung bringt. Dagegen bedient man sich bei Herd-, Pfannen- und Kesselfeuerungen der Torfkohle mit vielem Erfolg. Die aus verdichtetem Torf dargestellte Torfkohle hat eine so grosse Festigkeit und Dichtigkeit, dass dieselbe für den Metallurgen von sehr grosser Wichtigkeit werden kann, wenn ihre Herstellung ohne zu grosse Kosten ausführbar ist.

## Die Braunkohlen.

Braunkohle. Eben so wie der Torf ist die Braunkohle ein durch nasse Vermoderung verändertes Holz, wobei jedoch der wesentliche Unterschied stattfindet, dass der Zersetzungsprocess bei der Braunkohle viel weiter vorgeschritten ist, als beim Torfe. Berücksichtigt man allein die Eigenschaften, so lässt sich nicht wohl eine Grenze zwischen Braunkohle und Steinkohle ziehen; nur das geognostische Vorkommen vermag Anhaltepunkte für die Bestimmung einer fossilen Kohlenart zu liefern. Es lässt sich in dieser Hinsicht allgemein sagen, dass jede fossile Kohle, welche jünger ist als Kreide und in Formationen über derselben vorkommt, Braunkohle zu nennen ist; jede Kohle, die in Formationen sich findet, welche älter sind als Kreide, ist als Steinkohle zu bezeichnen. Da der Stickstoffgehalt der Steinkohlen weit grösser ist als der der Braunkohlen, so lässt sich darauf eine Reaction gründen, durch welche man Steinkohle wohl in den meisten Fällen leicht von Braunkohle unterscheiden kann. Letztere, in ihrer Zusammensetzung der Cellulose weit ähnlicher als die Steinkohle, liefert beim Erhitzen in einem Probirglase Dämpfe, die durch vorherrschenden Holzessig sauer reagiren, während bei gleicher Behandlung von Steinkohle, durch vorwaltendes Ammoniak und durch Ammoniakbasen (Anilin, Chinolin etc.), ammoniakalisch reagirende Dämpfe gewonnen werden. — Nach einer andern Probe erhitzt man die zu untersuchende Kohle im fein gepulverten Zustande mit Kalilauge; Steinkohle lässt die Flüssigkeit farblos, Braunkohle färbt sie durch Bildung von humussaurem Kali braun.

Nach dem verschiedenen Zersetzungsgrade unterscheidet man mehrere Varietäten der Braunkohle:

1) das bituminöse Holz (Lignit) von dem Ansehen des Holzes, in dem nicht selten Stamm-, Ast- und Wurzelstücke deutlich erkennbar sind;

2) die gemeine Braunkohle bildet derbe spröde Massen von muscheligem Bruche. Bei glänzendem Bruche nennt man sie Gagat;

3) die erdige Braunkohle oder Erdkohle ist, wie schon ihr Name andeutet, eine mit vielen erdigen Substanzen gemengte Braunkohle.

Sehr häufig findet sich in den Braunkohlen Schwefelkies (und zwar die rhombische Varietät als Vitriolkies). Ist in derselben die Menge der kiesigen und erdigen Bestandtheile überwiegend, so entsteht daraus die Alaunerde, mit welchem Namen auch ein mit Bitumen und Schwefelkies gemengter Thon bezeichnet wird. Der Aschengehalt der Braunkohlen ist ein sehr verschiedener.

Im Durchschnitt lässt sich der Aschengehalt der Braunkohlen zu 5 bis 10 Proc. annehmen. Die Asche besteht wesentlich aus Thonerde, Kieselerde, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd.

Das hygroskopische Wasser kann bei frisch geförderten Kohlen bis zu 50 Proc. steigen, beträgt aber im lufttrocknen Zustande durchschnittlich 20 Proc., so dass, wenn man den allerdings sehr schwankenden Aschengehalt unberücksichtigt lässt, lufttrockne Braunkohle etwa zusammengesetzt ist aus

| | |
|---|---|
| Kohle | 48—56 pCt. |
| Wasserstoff | 1— 2 „ |
| chemischgebundenem Wasser | 31—32 „ |
| hygroskopischem Wasser | 20 „ |

Die Brennbarkeit der Braunkohle ist geringer, als die des Holzes, ihre Flammbarkeit steht zwischen der des Holzes und der Steinkohle. Nach Scheerer geben die Braunkohlen folgenden Wärmeeffect:

| Braunkohlenarten | Wärmeeffect Absol. | Specif. | Pyrom. |
|---|---|---|---|
| Lufttr. fasrige Braunk. mit 20% hygrosk. Wasser u. ohne Asche | 0,48 | 0,55 | 1800 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,43 | — | — |
| „ erdige „ „ 20% „ „ „ ohne „ | 0,61 | 0,79 | 1975 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,55 | — | — |
| „ muschlige „ „ 20% „ „ „ ohne „ | 0,69 | 0,83 | 2050 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,62 | — | — |
| Gedarrte fasrige „ „ 20% „ „ „ ohne „ | 0,61 | — | 2025 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,55 | — | — |
| „ erdige „ „ 20% „ „ „ ohne „ | 0,76 | — | 2125 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,69 | — | — |
| „ muschlige „ „ 20% „ „ „ ohne „ | 0,85 | — | 2200 |
| „ „ „ „ 20% „ „ „ 10% „ | 0,76 | — | — |

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass lufttrockne Braunkohlen gedarrtes Holz an absolutem und pyrometrischem Wärmeeffect und an specifischem Wärmeeffect das beste Holz um mehr als das Doppelte übertreffen.

Anwendung der Braunkohle. Die Anwendbarkeit der Braunkohle ist beschränkter als die der Steinkohle, da sie für solche Zwecke, für welche die backenden Steinkohlen besonders brauchbar sind, nicht benutzt werden kann. Die Braunkohlen sind besonders zu Rostfeuerungen, z. B. in chemischen Fabriken und Salinen, so wie als Heizmaterial für Stubenöfen brauchbar. Die erdige Varietät lässt sich indessen oft nur dann zur directen Feuerung benutzen, wenn sie zuvor eingesumpft und in Formen, gleich den Ziegeln, gestrichen und getrocknet worden. Die Praxis hat gezeigt, dass frisch geförderte Braunkohlen den gelagerten vorzuziehen sind, indem letztere, selbst bei Abwesenheit von Schwefelkies, bei längerem Lagern unter dem Einflusse der Luft und der Feuchtigkeit eine langsame Verbrennung erleiden, wodurch sie an Brennkraft einbüssen.

Eine neue und sehr wichtige Anwendung haben die Braunkohlen darin gefunden, dass man sie der trocknen Destillation unterwirft und auf Paraffin und Photogen (Mineralöl) verarbeitet. Wagenmann erhielt aus 100 Th. märkischen (a und b) und sächsischen (c) Braunkohlen und Blätterkohle:

| | Leichtes Oel (Photogen) | Schweres Oel (Solaröl) | Paraffinmasse (etwa 33 pCt. Paraffin enthaltend) |
|---|---|---|---|
| Braunkohle (a) | 0,480 | 2,710 | 1,700 |
| Braunkohle (b) | 0,366 | 1,565 | 1,585 |
| Braunkohle (c) | 0,810 | 3,940 | 3,910 |
| Blätterkohle | 8,169 | 1,590 | 12,870 |

## Die Steinkohlen.

Steinkohlen. Die Steinkohle oder Schwarzkohle ist nächst dem Eisenerze das wichtigste aller Mineralien, die der Bergmann aus der Tiefe zu Tage fördert.

Die Steinkohlen sind mumisirte und verkohlte Ueberreste einer längst untergegangenen Flora, deren hundertfältig über einander gepresste Stämme gegenwärtig regelmässige, oft viele Quadratmeilen ausgedehnte Gebirgsschichten bilden. Ueber den Process, welcher bei der Steinkohlenbildung stattfand, existiren mehrere Ansichten. Die einfachste Ansicht ist wohl die, dass ein sehr langsamer, durch die Erdwärme unterstützter und durch den Druck der aufliegenden Gebirgsschichten modificirter Zersetzungsprocess, welcher auf eine immer reinere Darstellung des Kohlenstoffs hinarbeitete, die Hauptrolle gespielt hat. Daher ist der vollendetste Anthracit fast reiner Kohlenstoff, während die verschiedenen Varietäten der Steinkohle noch um so mehr bituminöse und flüchtige Substanzen enthalten, je weniger weit ihre Zersetzung fortgeschritten ist. Der Wasserstoff und Sauerstoff entweicht mit Kohlenstoff verbunden als Kohlenwasserstoffgas (Grubengas, Methylwasserstoff), als Steinöl und als Kohlensäure. Der Anthracit

in seiner vollendetsten Form ist als dasjenige Product zu betrachten, in welchem der Zersetzungsprocess, durch welchen Braun- und Steinkohle sich bilden, sein Ende erreicht hat.

Die allmälige Heranbildung der Cellulose zu Steinkohle und Anthracit lässt sich am besten aus der Vergleichung der Zusammensetzung dieser Stoffe mit ihren Zwischengliedern ersehen:

| | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. |
|---|---|---|---|
| Cellulose | 52,65 | 5,25 | 42,10 |
| Torf von Vulcaire | 60,44 | 5,96 | 33,60 |
| Lignit | 66,96 | 5,27 | 27,76 |
| Erdige Braunkohle | 74,20 | 5,89 | 19,90 |
| Steinkohle (secundäres Gebirge) | 76,18 | 5,64 | 18,07 |
| Steinkohle (Kohlenformation) | 90,50 | 5,05 | 4,40 |
| Anthracit | 92,85 | 3,96 | 3,19 |

Accessorische Bestandtheile der Steinkohlen.

Unter den accessorischen Bestandtheilen der Steinkohlen ist erwähnenswerth der Schwefelkies, welcher entweder als eigentlicher tesseraler Schwefelkies oder als rhombischer Strahl- oder Vitriolkies eine zwar gewöhnliche, aber unliebe Beimengung derselben bildet, indem er durch seinen Schwefelgehalt die Kohle zu gewissen Feuerungszwecken untauglich macht, theils durch seine Vitriolescirung die Kohle auflockert und zersprengt, sogar Selbstentzündungen der Flötze und Lager verursachen kann. Nächst dem Schwefelkies erscheinen nicht selten Bleiglanz, Kupferkies und Zinkblende. Alle diese Sulfurete sind wohl aus den entsprechenden Sulfaten entstanden, welche, in Wasser gelöst, die Steinkohlenflötze durchdrangen und durch die Einwirkung der organischen Substanz reducirt wurden. Von erdigen Mineralien sind besonders Kalkspath, Braunspath, Gyps, Baryt, Schieferthon und der thonige Sphärosiderit, eines der wichtigsten Mineralien der carbonischen Formation, zu erwähnen.

Eintheilung der Steinkohlen.

In technischer Hinsicht theilt man die Steinkohlen nach Karsten nach ihrem Verhalten im Feuer ein in:

1) Backkohlen, deren Pulver, in einem Tiegel erhitzt, schmilzt und zu einer gleichförmigen Masse zusammenbackt;

2) Sinterkohlen, deren Pulver nur zu einer festen Masse sich vereinigt, ohne eigentlich zu schmelzen;

3) Sandkohlen, wenn das Pulver keinen Zusammenhang bekommt.

Wenn wir diese Eintheilung beibehalten, so zeigt die elementare Zusammensetzung, verglichen mit ihrem chemischen und physikalischen Verhalten, dass die Backkohlen entweder ein aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehendes Bitumen enthalten, oder, was wahrscheinlicher ist, dass eine solche Verbindung bei höherer Temperatur aus ihnen sich bilde; dass die in den Sinterkohlen vorhandene grössere Sauerstoffmenge die Quantität dieses Bitumens verringert, aber seine Bildung nicht verhindert. Bei den Sandkohlen bildet sich dieses Bitumen in noch geringerer Menge.

Anthracit.

Der Anthracit oder die Kohlenblende ist, wie

schon erwähnt, als dasjenige Product des Zersetzungsprocesses, durch welchen überhaupt Steinkohlen gebildet werden, zu betrachten, in welchem jener Process sein eigentliches Ziel und Ende erreicht hat. Der Anthracit findet sich im Uebergangsgebirge vorzugsweise zwischen den Schichten des Thonschiefers und der Grauwacke, sowie zwischen Glimmerschiefer und auf solchen Gängen, welche jene Formation durchsetzen. Der Anthracit ist ein völlig unkrystallinischer Körper, wodurch er sich vom Graphit unterscheidet.

Jacquelain erhielt bei der Analyse folgender Anthracite nachstehende Resultate:

| | Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Sauerstoff. | Stickstoff. | Asche. |
|---|---|---|---|---|---|
| aus Swansea | 90,58 | 3,60 | 3,81 | 0,29 | 1,72 |
| ,, Sablé | 87,22 | 2,49 | 1,08 | 2,31 | 6,90 |
| ,, Vizille | 94,09 | 1,85 | ,, | 2,85 | 1,90 |
| ,, d. Isère-Dep. | 94,00 | 1,49 | ,, | 0,58 | 4,00 |

Man hat die Brauchbarkeit des Anthracits als Brennmaterial lange Zeit verkannt. Er lässt sich indessen bei zweckmässiger Behandlung, besonders bei kräftigem Gebläse, vortheilhaft auf manchfache Weise benutzen. In Swansea und in Pensylvanien wendet man den Anthracit als Reductionsmittel der Eisenerze in Hohöfen (Anthracithohöfen) an. Man benutzt ausserdem den Anthracit beim Kalkbrennen, Ziegelbrennen, in Salinen, selbst für häusliche Zwecke als Brennmaterial.

Backkohle. Die Backkohle ist ausser ihrem Verhalten im Feuer durch dunkelschwarze Farbe und leichte Entzündlichkeit charakterisirt. Der Kohlenstoffgehalt wechselt von 50 bis 86 pCt. Der Wasserstoff waltet bedeutend über den Sauerstoff vor. Sie eignen sich besonders zur Leuchtgasfabrikation (Gaskohle). Wegen ihres grossen Wasserstoffgehaltes lassen sie sich leichter entzünden als die übrigen beiden Steinkohlensorten und geben aus diesem Grunde die längste Flamme. Sehr stark backende Kohlen eignen sich für sich allein für Flammenfeuer nicht, weil sie in Folge ihres starken Aufblähens den Rost verstopfen und dadurch den Luftzug hindern, und weil sie wohl eine schnelle, aber keine anhaltende Hitze geben. Dagegen ist Backkohle besonders gut anwendbar zum Schmieden des Eisens (Schmiedekohlen), weil sie während des Brennens zu einer Masse zusammensintert, durch welche die Gebläseluft zusammengehalten, der Wärmeeffect gesteigert und an Brennmaterial gespart wird.

Sinterkohle. Die Sinterkohle (*houille maigre, houille à coke fritté ou coagulé*) hat eine mehr ins Eisengrau gehende Farbe; Oberfläche und Bruch sind oft sehr glänzend. Sie ist weit schwieriger entzündlich als die Backkohle und enthält sehr häufig viel Sehwefelkies; sie eignet sich ganz vorzüglich zur Entwicklung von schneller und zugleich anhaltender Hitze und passt deshalb für den Flammen- und Schachtofenbetrieb, für Tiegelschmelzungen, unter Kesselfeuerungen u. s. w.

Sandkohle. Die Sandkohle ist die geringste Kohlensorte; sie ist sehr sauerstoffreich, schwindet stark beim Verkoken und hinterlässt einen

aus kleinen Stücken bestehenden Kok. Sie wird vorzugsweise in Fällen angewendet, wo es sich weniger um die Art des Feuers, als um möglichste Billigkeit handelt, wie beim Ziegel- und Kalkbrennen.

Zusammensetzung der Steinkohlen. Nimmt man den hygroskopischen Wassergehalt der Steinkohlen zu 5 pCt. und ihren durchschnittlichen Gehalt an Asche ebenfalls zu 5 pCt. an, so ergiebt sich für die mittlere Zusammensetzung der Steinkohlen:

| | Kohle. | Wasserstoff. | Chem. gebund. u. hygr. Wasser. | Asche. |
|---|---|---|---|---|
| Sandkohle | 69 | 3 | 23 | 5 |
| Sinterkohle | 75 | 4 | 16 | 5 |
| Backkohle | 78 | 4 | 13 | 5 |

Die Steinkohlenasche hat die qualitative Zusammensetzung der Braunkohlenasche und besteht wesentlich aus Thonerdesilikat oder aus Gyps und Schwefeleisen, ausserdem auch noch aus Kalk und Magnesia an Kohlensäure gebunden, Eisen- und Manganoxyd, so wie aus geringen Mengen von Chlor und Spuren von Jod.

Wärmeeffect. Der Wärmeeffect von Steinkohlen von mittlerer Zusammensetzung, ihr specifisches Gewicht und ihre Zusammensetzung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

| Steinkohlenart. | Zusammensetzung. Kohlenstoff. | Wasserstoff. | Chem. geb. Wasser. | Hygrosk. Wasser. | Asche. | Wärmeeffect. absoluter | specifischer | pyrometrischer | 1 Th. reducirt Blei. | 1 Th. erwärmt Wasser von 0—100° C. | Specifisches Gewicht. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anthracit | 85 | 3 | 2 | 5 | 5 | 0,96 | 1,44 | 2350° | 26—33 | 60,5—74,7 | 1,41 |
| Backkohle | 78 | 4 | 8 | 5 | 5 | 0,93 | 1,17 | 2300° | 23—31 | 52,8—72 | 1,13—1,26 |
| Sinterkohle | 75 | 4 | 11 | 5 | 5 | 0,89 | 1,16 | 2250° | 19—27 | 44 —61,6 | 1,13—1,30 |
| Sandkohle | 69 | 3 | 18 | 5 | 5 | 0,79 | 1,06 | 2200° | 21—31 | 50 —71 | 2,05—1,34 |

In der Praxis nimmt man an, dass das Heizvermögen einer guten Steinkohle dem der Holzkohle nahe komme und das des trocknen Holzes um das Doppelte übertreffe. Bei Schmelzprocessen verhält sich die Heizkraft von Steinkohlen zu Holz dem Volumen nach wie 5 : 1, dem Gewichte nach wie 15 : 8. Nach dem Versuchen von Karsten sind in Flammenöfen in der Wirkung

100 Volumen Steinkohle = 700 Volumen Holz
100 Gewichtsth. „ = 260 Gewichtsth. „

bei Siedeprocessen

100 Volumen Steinkohlen = 400 Volumen Holz = 400 Volumen Torf
100 Gewichtsth. „ = 160 Gewichtsth. „ = 250 Gewichtsth. „

## Koks.

Koks. Unter Koks versteht man die durch Verkohlung der Steinkohle dargestellte Kohle, welche, je nachdem Back-, Sinterkohle oder Sandkohle zu ihrer Darstellung gedient hatte, als Backkoks, Sinter-

und Sandkoks unterschieden werden. Mit dem Namen Gaskoks bezeichnet man die bei der Bereitung des Leuchtgases aus Steinkohlen in den Retorten zurückbleibenden Koks.

Das Verkoken sehr häufig, obgleich fälschlich, Abschwefeln genannt, hat zum Zweck:

1) den Kohlenstoffgehalt zu vergrössern, um mit den Koks eine höhere Temperatur als mit den Steinkohlen hervorbringen zu können,

2) die während des Brennens, namentlich zum häuslichen Gebrauch, unangenehmen, riechenden Bestandtheile zu entfernen,

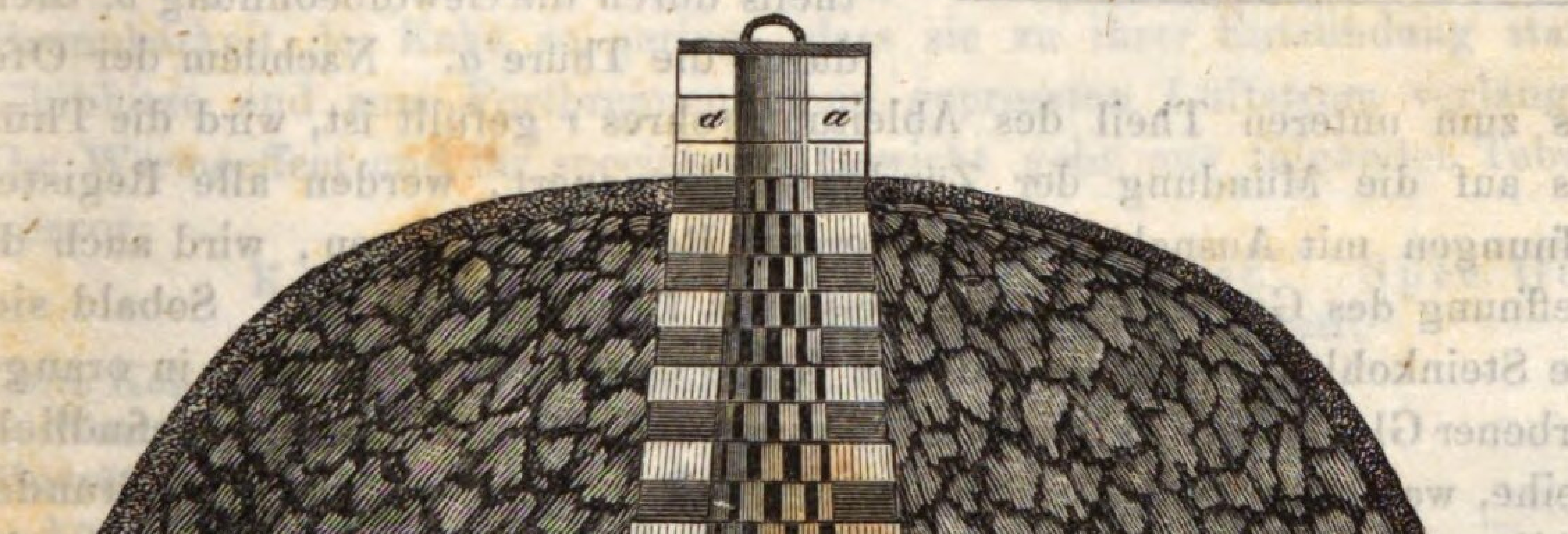
3) den Steinkohlen die Eigenschaft zu benehmen, in der Hitze teigig zu werden, wodurch, besonders bei der Anwendung in Schachtöfen, die Gebläseluft durchzudringen verhindert wird,

4) einen Theil des Schwefels des in den Steinkohlen häufig enthaltenen Schwefelkieses zu entfernen.

Das Verkoken der Steinkohlen geschieht entweder in Oefen, in Haufen oder in Meilern. Beim Verkoken in Oefen beabsichtigt man in der Regel, die sich gasförmig entwickelnden Producte aufzufangen, wie bei der Leuchtgasbereitung.

Die Meilerverkokung ist der Meilerverkohlung sehr ähnlich. Man mauert auf der Kohlenmeilerstätte eine etwa 3—4$^1/_2$ Fuss hohe Esse auf, welche dem später errichteten Meiler als Quandelschacht dient. Diese Esse hat einen Durchmesser von 1 Fuss und ist mit mehreren Reihen Zuglöchern (Fig. 190) versehen, durch welche der Canal mit der Kohlenmasse

Fig. 190.



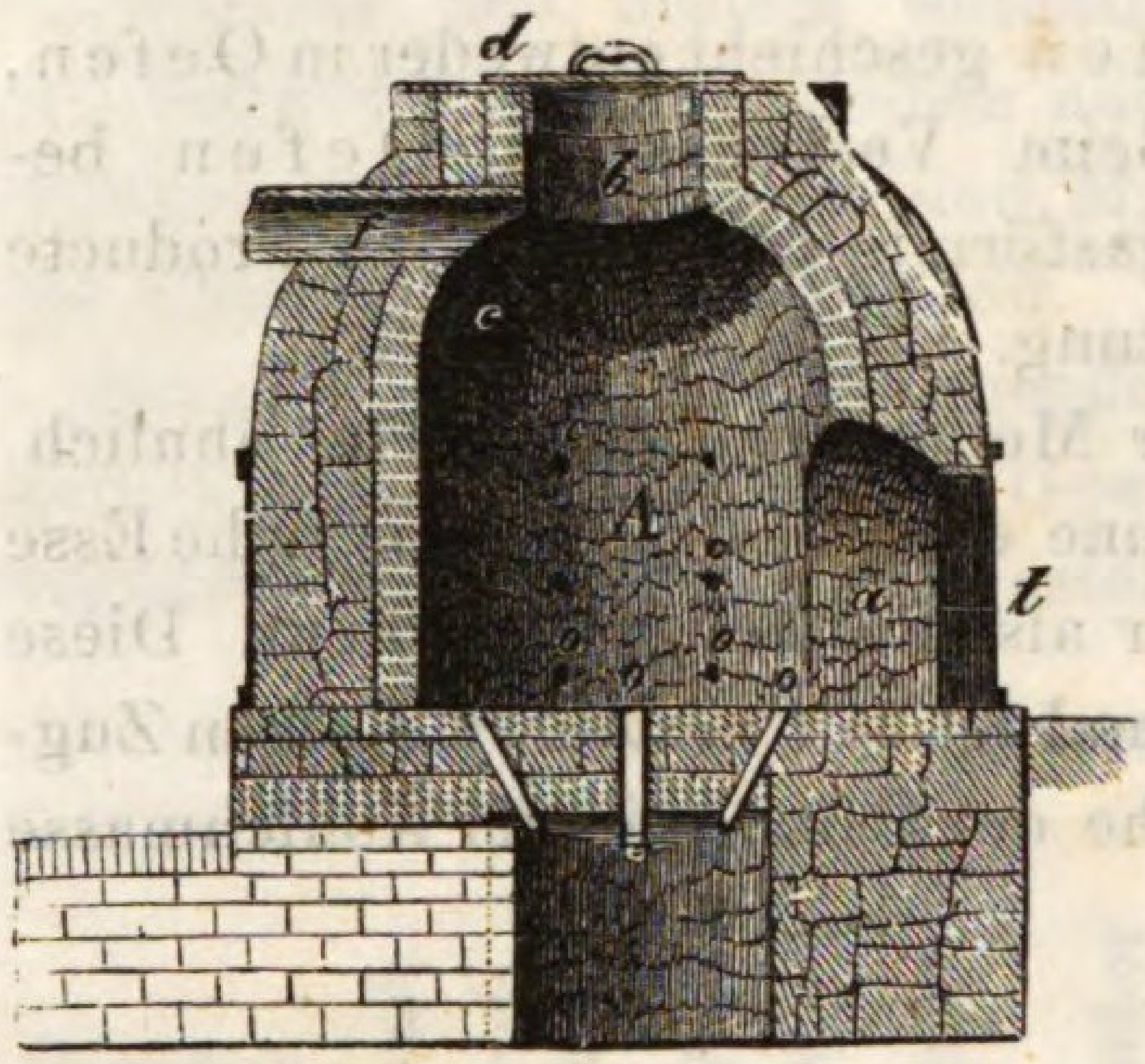

in Verbindung bleibt. Die grösseren Steinkohlenstücke (Wände) legt man rings um die Esse, die kleineren nach der Peripherie zu, wodurch der Meiler sich abrundet. Die Zwischenräume der grösseren Stücke werden mit Steinkohlenklein (*Cinder*) ausgefüllt. An der Sohle des Meilers bildet man von der Peripherie nach der Esse führende Züge oder Luftcanäle. Auf die Sohle des Essenschachtes wirft man trockne Holzspäne und zündet sie von oben an. Der Meiler bleibt so lange im Treiben, so lange noch Rauch entweicht; danach wird die Essenmündung durch den eisernen Deckel verschlossen und die Mündungen der Zugcanäle werden mit Lösche

bedeckt. In England beschleunigt man die Abkühlung durch Anwendung von kaltem Wasser; es soll dadurch ausserdem eine vollständigere Entschwefelung der Koks bewirkt werden. Die Haufenverkokung ist der Haufenverkohlung ganz ähnlich.

Ofenverkokung. Wenn wir von der Verkokung der Steinkohlen in Retortenöfen zum Zwecke der Darstellung von Leuchtgas absehen, so haben wir die Ofenverkokung von Stückkohlen und von Staubkohlen (Grubenklein), zu betrachten.

Einen zum Verkoken von Stückkohlen gebräuchlichen Verkokungsofen zeigt beistehende Zeichnung (Fig. 191). Der cylindrische, oben mit einer durchlochten Wölbung versehene Verkokungsraum *A* ist an seinen Wänden mit Registeröffnungen *o*, *o*, *o* versehen, welche von aussen mittelst passender Stöpsel verschlossen werden können. Auch in der Ofensohle befinden sich solche Oeffnungen, wodurch dieselbe zu einer Art Rost wird. Mit grösserem Vortheile wird indessen die Sohle massiv gebaut, wenn man dafür sorgt, dass die unterste Reihe der Registeröffnungen unmittelbar über der Ofensohle ausmündet. Das Einsetzen der zu verkokenden Steinkohlen geschieht theils durch die Gewölbeöffnung *b*, theils durch die Thüre *a*. Nachdem der Ofen

Fig. 191.




bis zum unteren Theil des Ableitungsrohres *r* gefüllt ist, wird die Thüre bis auf die Mündung der Zündgasse vermauert, werden alle Registeröffnungen mit Ausnahme der untersten Reihe geschlossen, wird auch die Oeffnung des Gewölbes mit dem eisernen Deckel *d* bedeckt. Sobald sich die Steinkohlen durch die unterste Reihe der Registeröffnungen in orangefarbener Glut zeigen, schliesst man diese und öffnet die darüber befindliche Reihe, was nach etwa 10 Stunden der Fall ist, nach abermals 10 Stunden schliesst man die zweite Reihe der Registeröffnungen, nach 16 Stunden die dritte und nach 3 Stunden die vierte. Der vollkommen verschlossene Ofen bleibt 12 Stunden zur Abkühlung stehen; alsdann öffnet man die Thüre *t*, zieht die glühenden Koks mit Haken heraus und löscht sie sogleich mit Wasser ab. Die Gase und Dämpfe entweichen durch das Rohr *r* nach einem Verdichtungsapparat, welcher die Theerdämpfe condensirt, die Gase aber entweichen lässt. 1 Ctr. Kohlen giebt gegen 10 Liter Theer (Steinkohlentheer).

Die Verkokung von Staubkohlen geschieht auf überwölbten Herden, nach Art der Backöfen gebaut. Der Abfall der Kohlen an den Gruben (Grubenklein, Fettschrot, Schrot) lässt sich durch das Verkoken sehr vortheilhaft verwerthen, wenn der Abfall von Backkohlen herrührt,

weil die Theilchen beim Erhitzen zusammenbacken und einen eben so cohärenten Koks liefern als die Stückkohlen. In vielen Fällen müssen die Staubkohlen vor dem Verkoken einem Klaubeprocess unterworfen werden, um Stücke des Gebirgsgesteins, namentlich des Schieferthones, und andere fremde mineralische Substanzen von der Kohle zu trennen.

Eigenschaften und Brennwerth der Koks.

Die Koks bilden, wenn sie zweckmässig dargestellt worden sind, eine gleichartige, dichte und feste Masse, die schwer zu zerbrechen und zu zerdrücken ist und keine allzu grossen Blasenräume enthalten darf. Koks, aus backenden Stückkohlen in Meilern dargestellt, zeigen blumenkohlähnlich gewundene Contouren. Die Farbe ist schwarzgrau bis eisengrau, der Glanz ein matter Metallglanz. Schwefel soll sich in guten Koks nur in sehr geringer Menge finden. Der Schwefel findet sich in der Steinkohle bekanntlich als Schwefel- oder Eisenkies; während des Verkokens destillirt aber nur ein Theil des Schwefels ab und es bleibt eine niedrigere Schwefelungsstufe des Eisens zurück, welche noch fähig ist, an erhitztes Eisen und Kupfer Schwefel abzugeben und demnach Metallgegenstände (Roststäbe, Dampfkessel) zu zerstören, oder auf das Schmelzproduct (Roheisen) schädlich einzuwirken.

Zusammensetzung und Brennwerth der Koks.

Die mittlere Zusammensetzung guter gewöhnlicher Koks ist folgende:

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 85—92 pCt. |
| Asche | 3— 5 „ |
| Hygroskopisches Wasser | 5—10 „ |

Wegen ihrer Dichte und des Mangels an brennbaren Gasen ist die Brennbarkeit der Koks so gering, dass sie zu ihrer Entzündung starke Glühhitze und zum Fortbrennen einen gepressten Luftstrom verlangen. Ihr Wärmeeffect und ihr specifisches Gewicht geht aus folgender Tabelle hervor:

| Kokssorten. | Wärmeeffect. Absol. | Spec. | Pyrometr. | Spec. Gew. |
|---|---|---|---|---|
| Gute Koks mit 10 pCt hygroskopischem Wasser und 5 pCt. Asche | 0,84 | — | 2350° | — |
| Vorzügliche Koks mit 5 pCt. hygroskopischem Wasser und 3 pCt. Asche. | 0,92 | — | 2400° | — |

Nach einer grossen Anzahl auf preussischen Hütten angestellter Versuche sind bei einem mit erhitzter Luft stattfindenden Hohofenbetriebe:

100 Gewichtstheile Koks = 80 Gewichtstheilen Holzkohlen
100 Volumen „ = 250 „ „

## Künstliche Brennstoffe.

Künstliche Brennstoffe.

Unter künstlichen Brennstoffen versteht man ein ursprünglich pulverförmiges Brennmaterial, in der Regel Hüttenabfall, wie Steinkohlenklein, Sägespäne, welchem man durch Vermischen mit einem Bindemittel, gewöhnlich mit Theer oder Thonbrei, und Pressen eine geeignete Form, in der Regel die von Ziegeln gegeben hat. In gewisser

Hinsicht gehören die gepressten Torfziegel und die in Formen gestampfte und getrocknete, ausgelaugte Lohe (Lohkuchen, Lohkäse) hierher.

Erwähnungswerth ist die künstliche Stückkohle oder die Pera's, deren Darstellung aus Klein von backenden Kohlen seit einer Reihe von Jahren von dem Ingenieur Marsais, Director der Steinkohlengruben von St. Etienne, eingeführt worden ist. Das Wesentliche des Verfahrens besteht darin, dass man das Kohlenklein zuerst wäscht, um sowohl die schweren Verunreinigungen wie Kies und Steine, als auch die abschlämmbaren Theile wie Thon und Erde abzuscheiden. Die durch diesen Scheideprocess gewonnene reinere Kohle wird zum Abtropfen in Haufen gebracht, hierauf mit Hülfe von cannelirten Walzen zu Pulver gemahlen, das Pulver getrocknet, noch warm mit 7—8 pCt. eingedicktem Steinkohlentheer vermischt und die heisse Masse in Formen gepresst, wodurch Ziegel mit abgerundeten Ecken, je etwa 20 Pfd. schwer, erhalten werden, welche nach dem Erkalten eine ziemliche Härte besitzen. Die Pera's zerbrechen nicht so leicht wie die meiste natürliche Stückkohle; sie lassen sich weit besser magaziniren, indem $^1/_5$ an Raum gespart wird.

Stark backende Kohlen lassen sich selbst ohne Theerzusatz durch Pressen unter hydraulischen Pressen zu einer cohärenten Masse vereinigen, wenn man sie in verschlossenen Gefässen bis auf 400—500° C., d. h. bis zu dem Punkte erhitzt, bei welchem sie zu erweichen beginnen, und sie nochmals einem starken Drucke aussetzt. Auf diese Weise sind die Kohlenziegel dargestellt.

Hierher gehört auch die geformte Holzkohle (Pariser Kohle), welche seit ungefähr 10 Jahren von Popelin-Ducasne in Paris in den Handel gebracht wird; sie besteht aus Holzkohle, welcher man durch Beimischen von Holztheer und Verkohlung des letzteren Cohärenz ertheilt hat. Die Holzkohle wird mit 8—12 pCt. Wasser versetzt und zwischen glatten Walzen zu einem gröblichen Pulver gemahlen. 100 Kilogr. Kohlenpulver werden mit 33—40 Liter Steinkohlentheer durchknetet; die durchknetete Masse wird darauf in einer eigens hierzu construirten Maschine in die Form von Cylindern gebracht. Die geformten Kohlencylinder werden 36—48 Stunden lang an der Luft ausgetrocknet und darauf in Muffelöfen verkohlt.

Die geformten Kohlen haben vor den gewöhnlichen Kohlen den Vorzug, dass sie wenig zerreiblich, daher leicht transportabel sind, mehr Hitze geben, langsamer und regelmässiger verbrennen; ein Stück einmal angezündet brennt an der Luft fort, was bekanntlich die Koks nicht thun.

Gasförmige Brennmaterialien. Die Benutzung gewisser brennbarer Gase und Gasgemenge als Brennmaterial bei hüttenmännischen Processen ist schon seit einer Reihe von Jahren vorgeschlagen worden, jedoch erst in neuester Zeit zur Ausführung gelangt.

Die gegenwärtig als Brennmaterial angewendeten Gase sind ausser dem gewöhnlichen Leuchtgas entweder Gichtgase oder Generatorgase.

Mit dem Namen Gichtgase bezeichnet man nicht nur die der

Gicht entströmenden Gase, sondern überhaupt eine jede Flamme, welche aus einem hüttenmännischen Ofen unbenutzt entweicht. Die Zusammensetzung der Gichtgase richtet sich selbstverständlich nach der Art des angewendeten Brennstoffes, nach der Temperatur und dem Druck der Verbrennungsluft und nach der Höhe über der Form, in welcher die Gase aufgefangen wurden. Sie sind stets Gemenge von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff, Kohlensäure und Stickstoff; bei Anwendung von Steinkohlen oder Koks enthält das Gasgemenge auch Ammoniak.

Die Generatorgase sind brennbare Gase, welche in einem besonderen Ofen, dem Generator, aus festen Brennstoffen erzeugt worden sind. Sie finden bei den verschiedensten technischen Processen Anwendung, indem dadurch Gelegenheit gegeben ist, Brennmaterialien geringster Qualität nutzbar zu machen.

Die Generatorgase haben nach Scherer dem Gewichte nach folgende Zusammensetzung:

| Generatorgase aus | Holzkohlen. | Holz. | Torf. | Koks. |
|---|---|---|---|---|
| Stickstoff | 64,9 | 53,2 | 63,1 | 64,8 |
| Kohlensäure | 0,8 | 11,6 | 14,0 | 1,3 |
| Kohlenoxyd | 34,1 | 34,5 | 22,4 | 33,8 |
| Wasserstoff | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,1 |

## Die Heizung und Feuerung.

### Allgemeines.

Allgemeines. Unter Heizung verstehen wir das Erwärmen eines hohlen Raumes nebst den darin befindlichen Gegenständen durch die bei der Verbrennung der Brennmaterialien erzeugte Wärme. Der hohle Raum sei nun ein Zimmer, eine Fabrik, ein Gewächshaus, ein Dampfkessel, ein Schachtofen u. s. w. Es ist die Aufgabe der Technik (in diesem Falle Pyrotechnik), durch die Verbrennung eines Brennmaterials behufs der Heizung nicht nur eine möglichst grosse Wärmemenge, sondern auch einen möglichst hohen Wärmegrad zu entwickeln und diese Wärme auch so vollständig als möglich zu verwerthen. Um durch die Verbrennung eines Brennstoffes den absoluten und specifischen Wärmeeffect so weit als thunlich zu erreichen, muss die Verbrennung eine vollständige sein, es darf nicht nur kein brennbarer Theil der Verbrennung entgehen, es müssen auch Vorkehrungen getroffen werden, dass jeder verbrennliche Theil durch die Verbrennung die höchste Oxydationsstufe erreiche. Wie wichtig für die Praxis das letztere ist, geht daraus hervor, dass

1 Th. Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd 2480 Wärmeeinheiten
1 „ „ „ „ „ „ Kohlensäure 8000 „

liefert. Damit die Verbrennung eine vollständige sei, muss dem brennenden Körper die erforderliche Menge Sauerstoff in Gestalt von atmosphä-

rischer Luft zugeführt und die ihres Sauerstoffes theilweise beraubte und mit den Verbrennungsproducten beladene Luft beständig fortgeführt werden. Ein solcher Luftzug kann entweder durch natürliche Luftcirculation oder durch künstliche Mittel, nämlich durch Saugen oder durch Pressen hergestellt werden. Im ersteren Falle werden die gasförmigen Verbrennungsproducte durch Exhaustoren hinweggesaugt, wodurch neue Luft nachzuströmen veranlasst wird, im zweiten Falle wird durch ein Gebläse Luft eingepresst und dadurch das Verbrennungsproduct entfernt. Fast alle Heizungen im engeren Sinne finden bei natürlichem Luftzuge statt.

Alle Heizungsanlagen bestehen aus drei Theilen, dem Feuerherd, dem Heizraum und dem Schornstein. Der Herd (Feuerherd) ist der Ort, in welchem durch Verbrennung eines Brennmaterials zu Zwecken der Heizung Hitze erzeugt wird. Der Heizraum ist der Ort, in welchem die erzeugte Wärme zunächst ihre Wirkung äussern und ihre Benutzung finden soll, und der Schornstein endlich ein in der Regel verticaler, seltener schräg oder in mehrfacher Richtung ansteigender Canal, in welchen mittelst eines kleinen engen Canales (Fuchs) die verbrannten Gase abgeleitet werden, während zugleich durch den Schornstein das Nachströmen frischer Luft auf das Brennmaterial bewirkt wird.

Der Herd oder Feuerherd kann sehr verschiedene Beschaffenheit haben. Die roheste und mangelhafteste Einrichtung, welche auch nur bei sehr brennbaren Materialien wie Holz und Torf möglich ist, besteht darin, das Brennmaterial flach auf dem Herde auszubreiten und einen Luftstrom durch eine Oeffnung in der Ofenthüre hinzuleiten; sie ist deshalb mangelhaft, weil eine grosse Menge Luft, ohne mit dem Brennmaterial in Berührung zu kommen oder zur Unterhaltung des Feuers beizutragen, durch den Ofen hindurchzieht und einen grossen Theil der Wärme mit sich fortführt. Die zum vollständigen Verbrennen des Brennmaterials erforderliche Luft soll durch das Brennmaterial strömen. Zu diesem Zwecke ist die Unterlage für das Brennmaterial durchbrochen und besteht aus mehreren parallel neben einander gelegten Stäben von feuerfestem Thon oder Eisen, dem Rost. Der Raum unterhalb des Rostes heisst Aschenraum oder Aschenfall; obgleich seine Bestimmung nicht nur die ist, die Asche aufzunehmen, sondern auch dem Roste und dem Feuerherde Luft zuzuführen. Zu dem Feuerungsraume führt seitwärts oder von oben eine Oeffnung, das Schürloch, durch welches Brennmaterial aufgeworfen wird; diese Feuerungsmethode trägt den Uebelstand, dass beim Oeffnen des Schürloches kalte Luft über den Rost gelangt, wodurch eine Abkühlung der Luft in dem Schornstein, also Verminderung des Zuges und Rauchbildung, mit anderen Worten Brennstoffverlust stattfindet. Die in neuerer Zeit erfundenen Treppenroste, bei welchen die eisernen Stäbe zwischen den Seitenwänden des Feuerungsraumes treppenförmig in gewissen Zwischenräumen über einander liegen, haben den genannten Uebelstand nicht. Bei einem schwefelhaltigen Brennstoff werden die

Roststäbe leicht zerstört; man lässt deshalb meist über dem eigentlichen Roste einen künstlichen Rost von zusammengesinterter Asche sich bilden, welcher auch die Verbrennung von Kohlenklein gestattet.

Da nicht zu allen Perioden einer Heizung ein gleich starker Luftzug erfordert wird, so hat man Vorrichtungen zur Regulirung des Zuges; diese sind: 1) eine Schornsteinklappe, durch welche mit Hülfe einer Zugstange die obere Schornsteinmündung mehr oder weniger gesperrt werden kann, 2) ein Schieber oder Register im Fuchse oder in dem Schornsteine, 3) eine Thüre vor dem Aschenfalle.

Zimmerheizung. Die Zimmerheizung. Die Zimmerheizung kann auf verschiedene Weise vor sich gehen; je nach dem Umstande, ob strahlende oder geleitete Wärme die Heizung bewirkt, und nach der verschiedenen Construction der Heizungsapparate, unterscheidet man

1) Kaminheizung,
2) Ofenheizung,
3) Luftheizung,
4) Canalheizung,
5) Heisswasserheizung,
6) Dampfheizung,
7) Gasheizung.

Directe Heizung. Eine directe Heizung von Räumen durch Verbrennen von Holz und anderem Brennstoff auf offenem Herde, in Kohlenpfannen und kleinen Oefen ohne Schornstein ist wohl die erste und älteste Heizungsmethode gewesen. Mitten in ihren Hütten befindet sich ein Herd, dessen Rauch durch eine im Dache befindliche Oeffnung abzieht. Ziemlich häufig trifft man in den grösseren Städten Frankreichs die üble Gewohnheit, das Zimmer durch eine Kohlenpfanne zu heizen, wodurch die Luft nicht nur verschlechtert, sondern sogar zum Athmen gänzlich untauglich wird. Es ist daher die unmittelbare Erwärmung der Luft durch die Brennmaterialien unter allen Umständen gefährlich.

Kaminheizung. Die Kaminheizung ist seit langer Zeit in Gebrauch; sie gründet sich auf Erwärmung der Luft durch unmittelbare Ausstrahlung der Wärme des Feuers. Sie ist unstreitig die unvollkommenste Heizungsart, da bei ihr ein ausserordentlich grosser Luftwechsel stattfindet, indem in das Kamin nicht allein die zur Unterhaltung des Feuers erforderliche Luft einströmt, sondern auch über die Flamme viel erwärmte Luft in den Schornstein geht, wodurch eine hermetische Abschliessung des Zimmers zur Vermeidung der Abkühlung nicht möglich wird, denn sobald die grosse Quantität der in den Schornstein einströmenden Luft nicht durch neue, durch Fenster und Thüren eindringende Luft ersetzt wird, entsteht ein niederwärts gehender Zug in dem Schornsteine und das Kamin fängt an zu rauchen. Die Kaminheizung eignet sich deshalb in ihrer ursprünglichen Gestalt nur für Länder, welche mildes Klima oder Brennmaterial im Ueberfluss haben. Die Annehmlichkeit dieser Heizungsart, das Feuer beobachten und selbst unterhalten zu können, der fortwährende Luftwechsel und die Construction der Kamine, welche gestattet, die Füsse fortwährend warm

zu halten, während der übrige Körper kühl bleibt, welche ferner erlaubt, aus dem Heizapparate eine Zimmerdecoration zu machen, alle diese Umstände sind wohl der Grund, dass man in England und zum Theil auch in Frankreich die Kaminheizung beibehalten hat. Die Heizung mittelst strahlender Wärme durch Kamine hat in ihrer ältesten, einfachsten und unvollkommensten Form folgende Einrichtung: Am unteren Theile der Mauer, in welcher der Schornstein in die Höhe geht und unmittelbar unter dem Schornsteine befindet sich eine Nische, in der das Feuer brennend erhalten wird. Später hat man die Kamine dadurch verbessert, dass man sie weniger tief in die Mauer legte, damit ihre Wirkung sich mehr auf die Zimmerluft, als auf die Kaminwände erstreckte, dass man den oberen Theil der Nische dort, wo er in den Schornstein tritt, möglichst verengt und sowohl diese Rauchöffnung, als auch die vordere grosse Oeffnung nach dem Zimmer zu mittelst Schieb- oder Flügelthüren verschliesst.

Um neben der strahlenden Wärme auch einen Theil der geleiteten zu benutzen, ohne jedoch dem Kamine das Eigenthümliche zu benehmen, hat man den unmittelbaren Abzug der erwärmten Luft aus der Feuernische in den Schornstein verhindert und eine Circulation der erwärmten Luft, ähnlich wie bei den Zimmeröfen hergestellt. Diese durch Combination von Ofen mit Kamin entstandenen Feuerungen heissen Ofenkamine. Unter ihnen zeichnen sich die von Franklin, Desarnod und Curandeau aus.

Ofenheizung. Die Ofenheizung ist die bei weitem gebräuchlichste. Man verlangt von einem rationell construirten Ofen (Zimmer- oder Stubenofen), dass er brennstoffschonend sei, daher die möglichst vollkommene Verbrennung des Brennmaterials zulasse; dass so viel als möglich die aus dem Brennmaterial entwickelte Hitze an die Ofenwände und den Ofenkörper abgegeben werde und so wenig als möglich in den Schornstein entweiche; dass der Zimmerraum auf einer gleichmässigen Temperatur erhalten werde, und dass gehörige Ventilation dieses Raumes vorhanden sei. Da der Zimmerofen frei in dem zu heizenden Raume steht, so wird sowohl die strahlende, als auch die geleitete Wärme realisirt und es geht in der That von dem Brennstoffe blos die Wärme verloren, welche mit den Verbrennungsgasen abzieht. Der Wärmeverlust wird durch verlängerte Rauchcanäle verringert, wobei jedoch zu bedenken ist, dass der Rauch mit einer Temperatur mindestens von 75$^0$ in den Schornstein entweichen muss, damit der erforderliche Zug stattfinde. Es ist zweckmässig, den Ofen vom Zimmer aus zu heizen; gegen die Heizung von aussen gewährt sie den Vortheil einer fortwährenden Lufterneuerung und Brennstoffersparniss, weil beim Heizen von innen diejenige erwärmte Luft, welche beim Heizen von aussen durch die Ausdehnung durch Thüren- und Fensterfugen entweicht, nun zur Heizung des Ofens benutzt wird; wird durch den Zug des von innen geheizten Ofens das Einströmen von kalter äusserer Luft durch

die Fugen befördert, so wird auch dadurch das Entweichen von innen erwärmter verhindert.

Die Materialien, aus welchen unsere Zimmeröfen construirt werden, sind Gusseisen, Eisenblech und gebrannter Thon (Kacheln und Ziegel). Das Eisen nimmt als guter Wärmeleiter die Hitze leicht auf; da die Dicke der Ofenwände in der Regel gering ist, so geht die Hitze des verbrennenden Brennmaterials leicht und rasch an die Umgebung über.

Der gebrannte Thon eignet sich demnach als Ofenmaterial besonders dann, wenn es sich um eine gleichmässige Heizung handelt; so rasch und so reichlich diesem Material auch die Wärme dargeboten werden mag, stets wird es die Wärme bei weitem langsamer und nur nach und nach abgeben. Gemischte Oefen, bei welchen der Heizkasten aus Eisen und der Aufsatz aus Kacheln besteht, vereinigen in gewisser Hinsicht die Vortheile der eisernen und der Kachelöfen, indem durch den eisernen Feuerraum die Heizung des Zimmers beschleunigt wird, der obere aber zum Aufspeichern der Wärme dient.

Je nach dem Ofenmaterial unterscheidet man die Zimmeröfen als

a) Leitungsöfen,
b) Massenöfen,
c) gemischte Oefen.

Die eisernen Oefen nennt man Leitungsöfen, insofern sie die im Feuerungsraume entwickelte Wärme so schnell als möglich durch sich hindurchleiten und an die Zimmerluft abgeben. Bei den thönernen Massenöfen geschieht die Erwärmung nicht durch Kanäle oder den Feuerungsraum, sondern dadurch, dass diejenige Wärme, welche während der Verbrennung des Brennstoffes von dem Thone aufgenommen wurde, auch nach dem Verlöschen des Feuers langsam und gleichmässig an die Zimmerluft abgegeben wird. In dem grösseren Theile von Deutschland bedient man sich, mit wenigen Ausnahmen, der Leitungsöfen und der gemischten Oefen, in Russland und Schweden der Massenöfen.

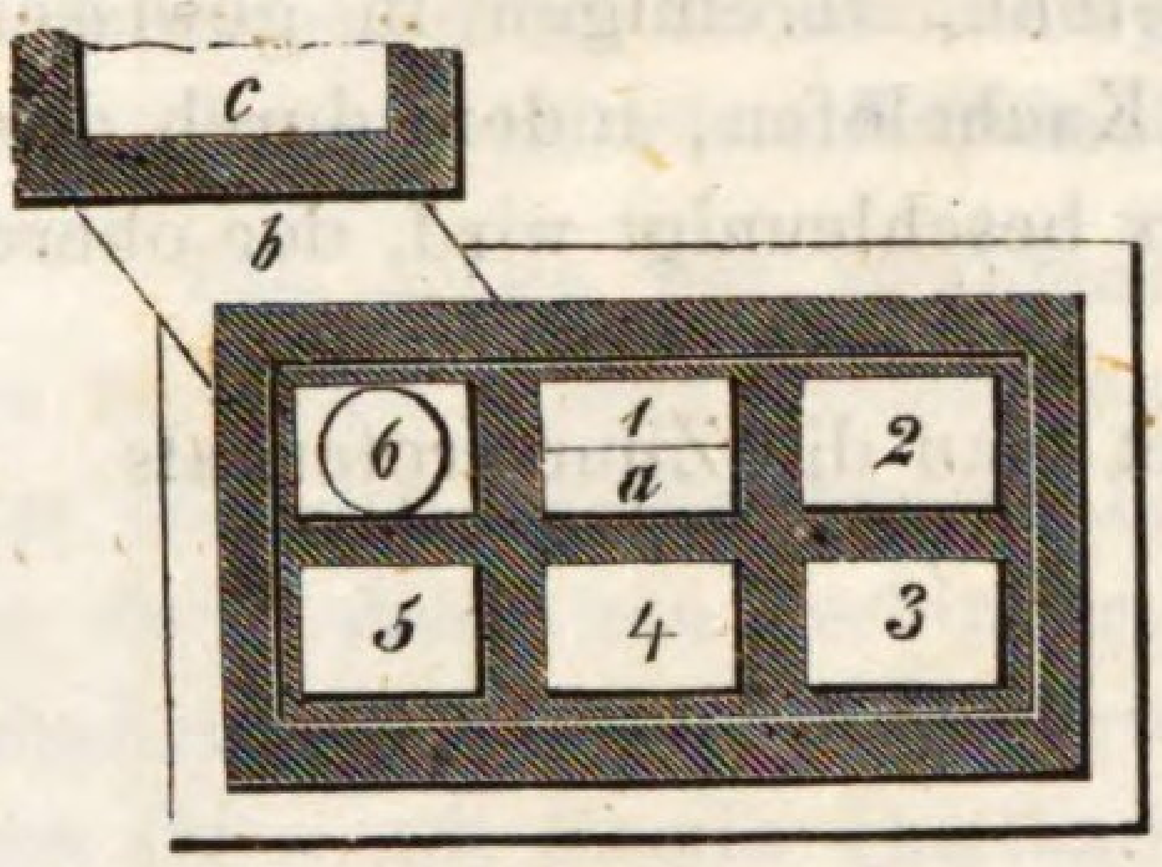
Leitungsöfen. Die Leitungsöfen haben sehr verschiedene Construction. Die älteste ist ohne Zweifel die noch jetzt häufig benutzte Form der Kanonenöfen, ein kanonenähnlicher hohler gusseiserner Cylinder, am oberen Theile mit einem Blechrohre, am unteren mit einer Heizthüre versehen. Sie haben in der Regel ein sehr kurzes Rauchrohr, das sofort in den Schornstein mündet, und sind daher keineswegs brennstoffschonend. Um der Brennmaterialverschwendung zu steuern, wendet man entweder ein langes Rauchrohr an, was aber nicht nur den Heizapparat vertheuert, sondern auch von sehr kurzer Dauer ist, da innerhalb des Rohres sich eine Flüssigkeit bildet (bei Holzfeuerung Holzessig, bei Steinkohlenfeuerung ammoniakalisches Wasser), welche sehr bald das Rohr zerstört; oder man giebt dem Ofen im Innern mehrere verticale Züge, in welchen die Verbrennungsgase einigemal auf- und absteigen, ehe sie in den Schornstein gelangen.

Die sogenannten Durchsichtsöfen, welche wegen der zwischen den Feuerzügen bleibenden Zwischenräume den Vortheil einer grossen, der Zimmer-

luft dargebotenen Fläche mit gefälliger Form und der Bequemlichkeit, die sogenannten Röhren zum Hineinstellen von Gefässen benutzen zu können, vereinigen, sind entweder ganz von Eisen oder bestehen aus einem eisernen Unterofen mit einem thönernen Aufsatze.

Massenöfen. Von den Massenöfen sind die russischen und die schwedischen Oefen zu erwähnen. Diese Oefen bestehen aus dicken Kacheln aus gebranntem Thon, welche durch eine starke Füllung noch mehr Körper erhalten und so ausgefüttert werden, dass sie eine Stärke von 7 Zoll und darüber erhalten. In dieser Hülle befinden sich verticale Canäle zur Leitung der Verbrennungsgase, deren Anzahl von 4, 6 bis 12 steigt.

Fig. 192.




Ein russischer Ofen ist länglich viereckig und hat sechs Rauchcanäle. Fig. 192 zeigt den Grundriss, Fig. 193 eine Ansicht der langen, Fig. 194 der schmalen Seite) und Fig. 195 (siehe nächste Seite) den Längendurchschnitt dieses Ofens. *a* ist der mit einem Gewölbe überdeckte Feuerraum, aus diesem steigt das Feuer in dem Canale 1 in die Höhe, fällt in 2 wieder abwärts, steigt wieder in 3, fällt in 4, steigt in 5, fällt in 6, von wo aus es durch das Ofenrohr in den Schornstein gelangt. Jeder dieser Oefen hat ein 6 — 10 Zoll weites Rauchrohr (einen russi-

Fig. 193.

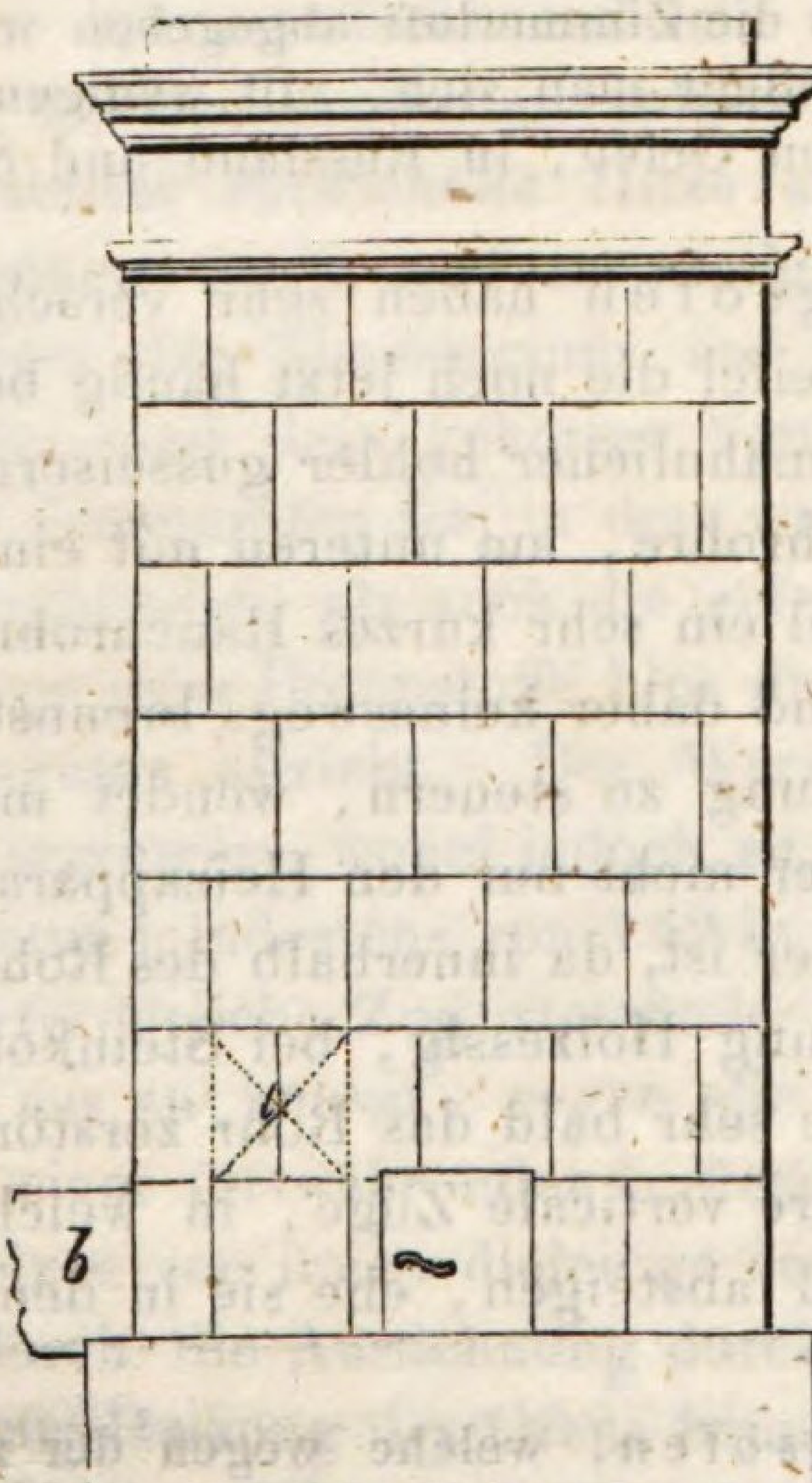
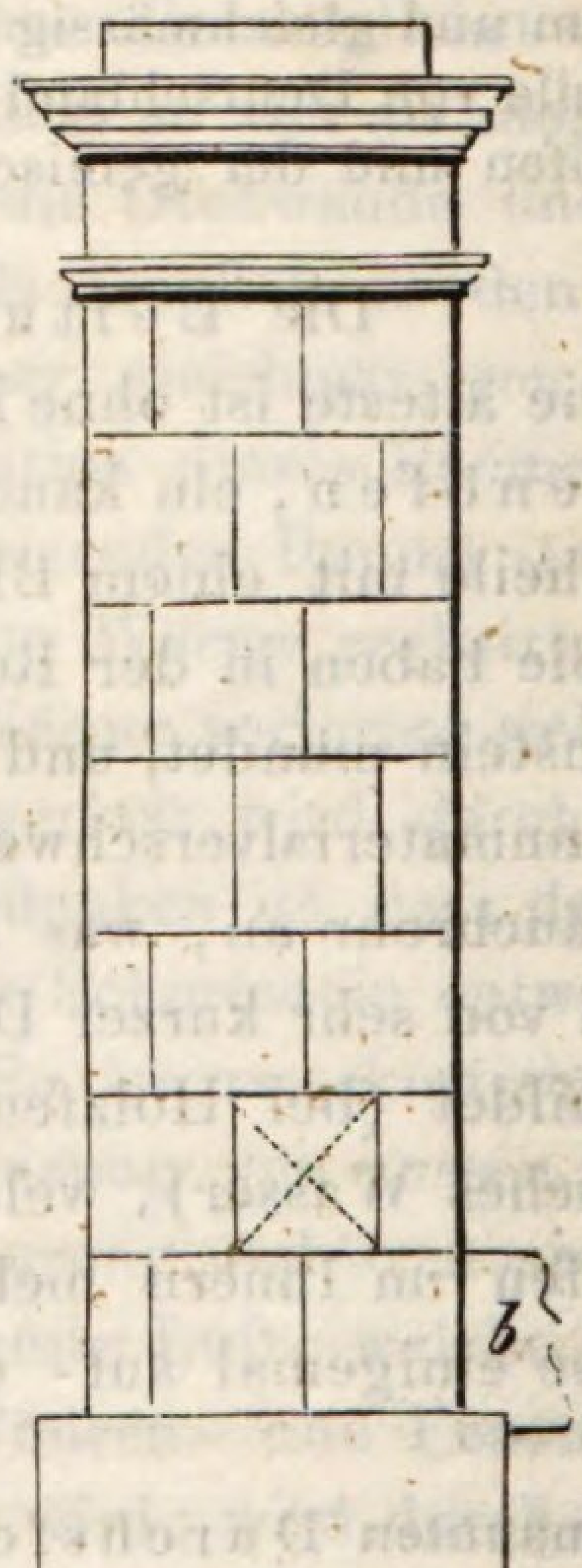



Fig. 194.



schen Schornstein) für sich, welches möglichst vertical bis zum Dache hinaus aufgeführt wird; diese engen Schornsteine haben sich ausserordentlich bewährt und auch in Deutschland seit geraumer Zeit schon eingebürgert. Da ein russischer Ofen als Wärmemagazin dienen soll, so ist ein hermetischer Abschluss nothwendig, sobald das Feuer erloschen ist. Dieser Abschluss wird durch eine besondere Vorrichtung, die sogenannte Gusche (russisch Wiuschke) erreicht. In der Nähe der Verbindung des letzten Canales mit dem Rauchrohre ist eine viereckige Platte aus Gusseisen (Fig. 196, 197 und 198) eingemauert; diese Platte hat in der Mitte eine Oeffnung von sieben bis acht Zoll Durchmesser mit einem aufrecht stehenden Halse von einem Zoll und innerhalb vorstehendem Rande von $^3/_8$ Zoll. Ein gusseiserner, mit einem Griff versehener Deckel *a* passt auf die Oeffnung, ein zweiter grösserer Deckel *b* mit vorspringendem Rande passt über den Hals und verschliesst das Ganze. Beim Heizen wird der Feuerraum mit kurz gesägten Holzstücken gefüllt, das Holz bei zuerst offener Thür in Brand gesetzt und dann die Thüre geschlossen, so dass die Luft durch ihre Oeffnungen einströmt. Die Verbrennung muss so lebhaft als möglich vor sich gehen; auf diese Weise theilt sich die Wärme der Ofenmasse am schnellsten mit, es bildet sich kein Rauch und der anfänglich entstandene Rauch wird bei der später ent-

Fig. 195.

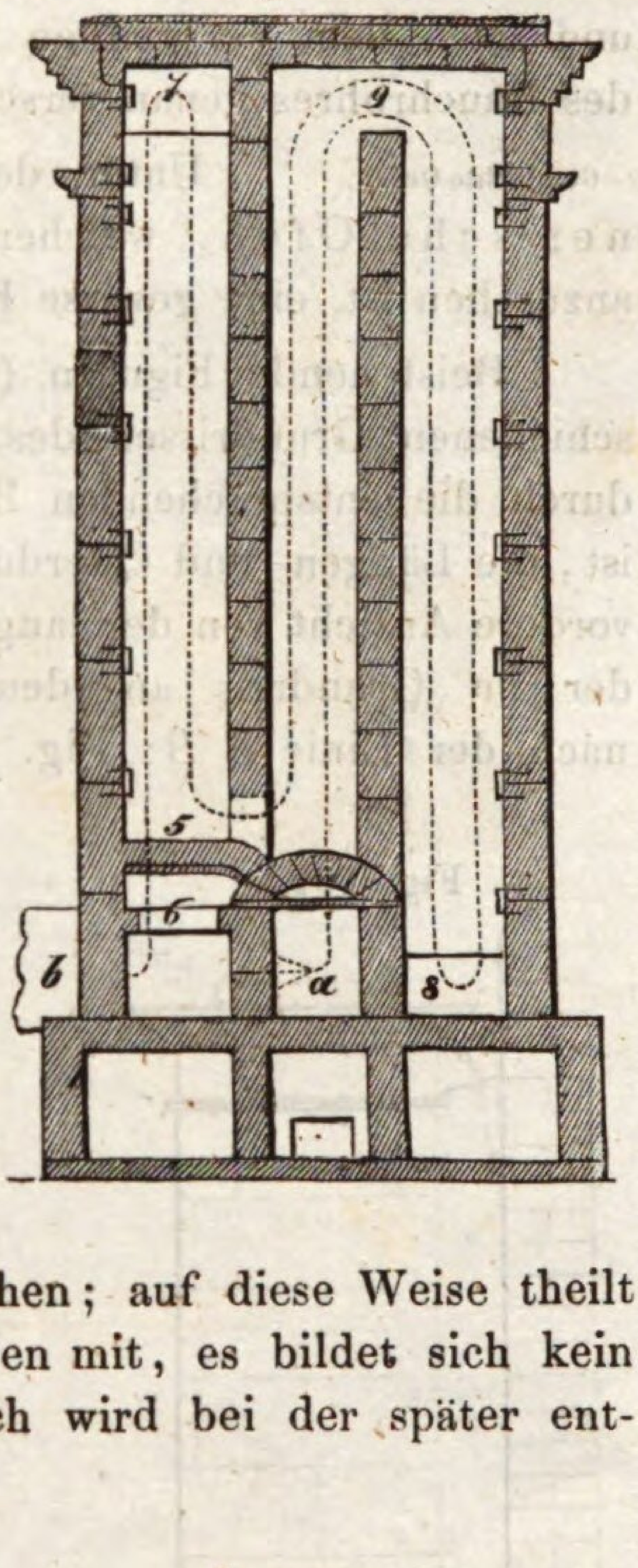



Fig. 196.



Fig. 197.

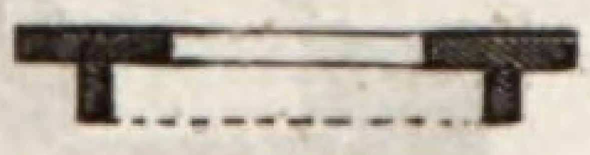
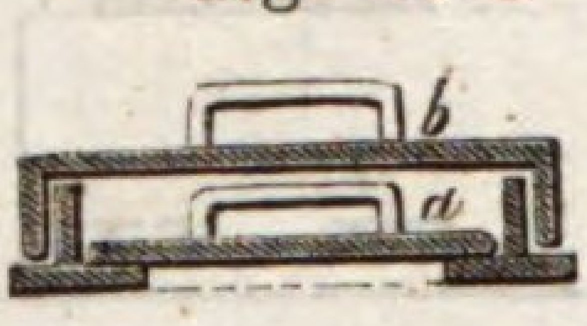


Fig. 198.




wickelten hohen Temperatur wieder verbrannt. Die äussere Seite dieser Oefen wird mit Porcellanplatten oder glasirten Kacheln belegt.

Der schwedische Ofen ist von den russischen Oefen im Wesentlichen nur dadurch unterschieden, dass er gewöhnlich von runder Form ist und beinahe bis an die Decke des Zimmers reicht. Der Feuerzug steigt in der Mitte des Ofens in die Höhe, von da aus in zwei Canälen

wieder abwärts, nochmals in zwei Zügen, welche sich über dem mittleren Canale vereinigen, aufwärts und von hier aus durch das in der Decke des Ofens befindliche Rohr in den Schornstein. Der Verschluss des Rohres wird mit Hülfe eines Schiebers bewirkt, der die Oeffnung in der oberen Decke versperrt. Man bewirkt dies mit Hülfe einer über Rollen laufenden Schnur. Das Brennmaterial wird auf einmal in den Feuerraum gebracht und nach dem Verbrennen desselben das Register der Heizthüre, so wie des Rauchrohres genau verschlossen.

Gemischte Oefen.

Unter den gemischten Oefen hat der Feilner'sche Ofen, welcher als eine Modification des russischen Ofens anzusehen ist, eine gewisse Berühmtheit erlangt.

Beistehende Figuren (Fig. 199 bis 202) zeigen ausser vier verschiedenen Grundrissen des Ofens nach den Höhen genommen, wie er durch die entsprechenden Buchstaben in den Durchschnitten bezeichnet ist, die Längen- und Querdurchschnitte des Ofens und zwar Fig. 199 die vordere Ansicht von der langen Seite des Ofens, Fig. 200 das Profil nach der im Grundriss angedeuteten Linie *A A*, Fig. 201 Querschnitt nach der Linie *B B*; Fig. 202 Querschnitt nach der Linie *C C*. Der

Fig. 199.

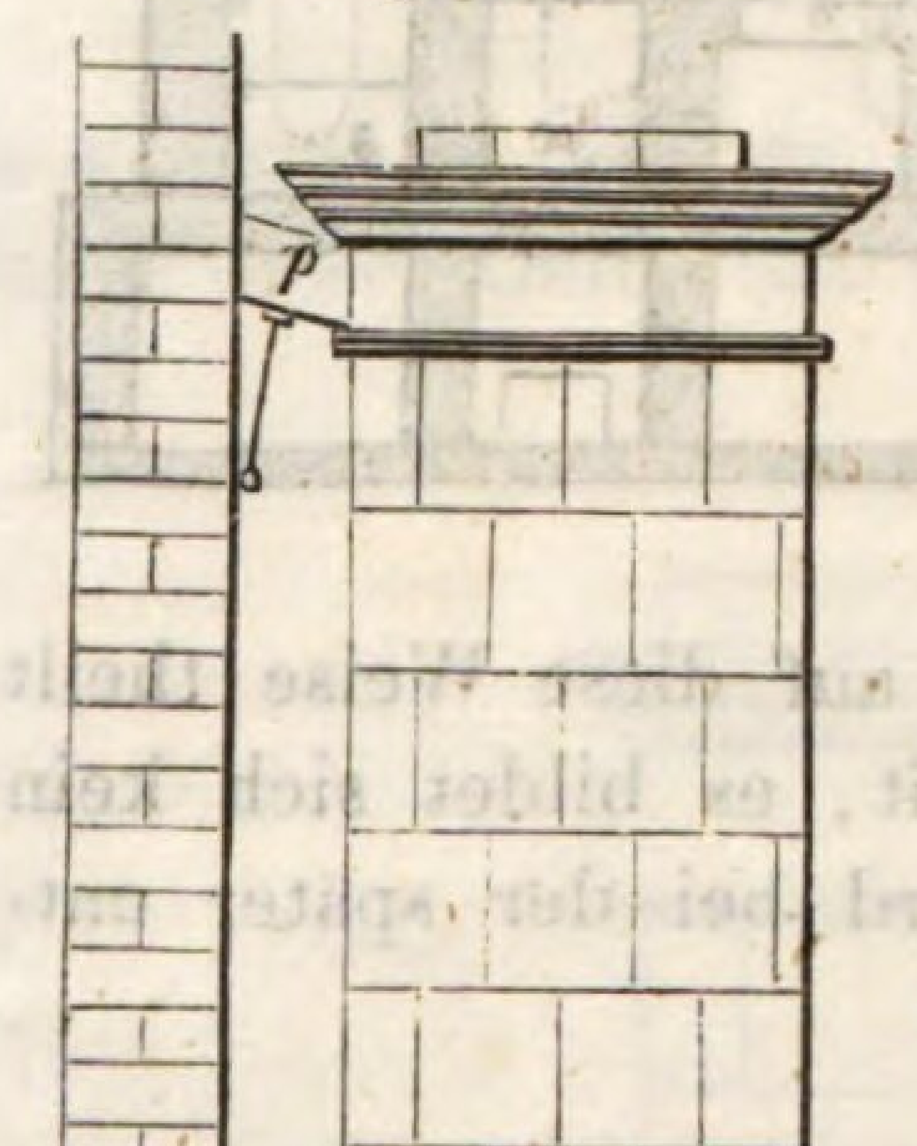


Fig. 200.

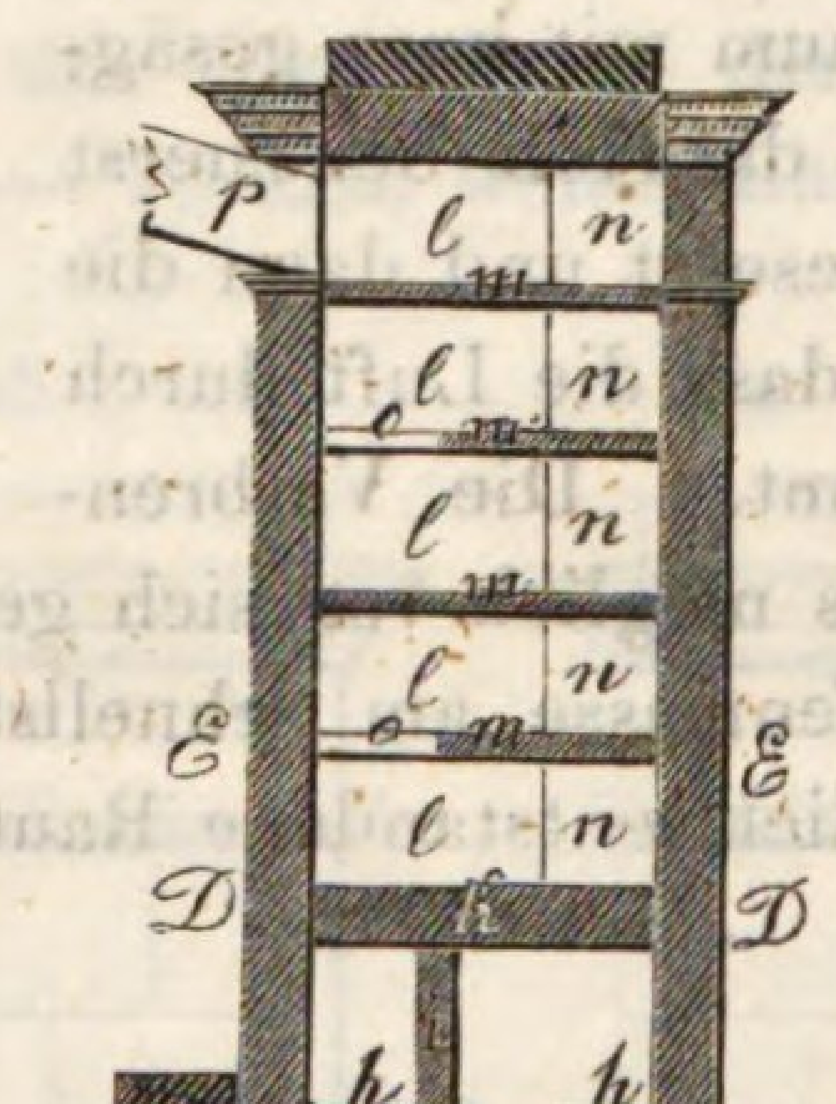


Fig. 201.

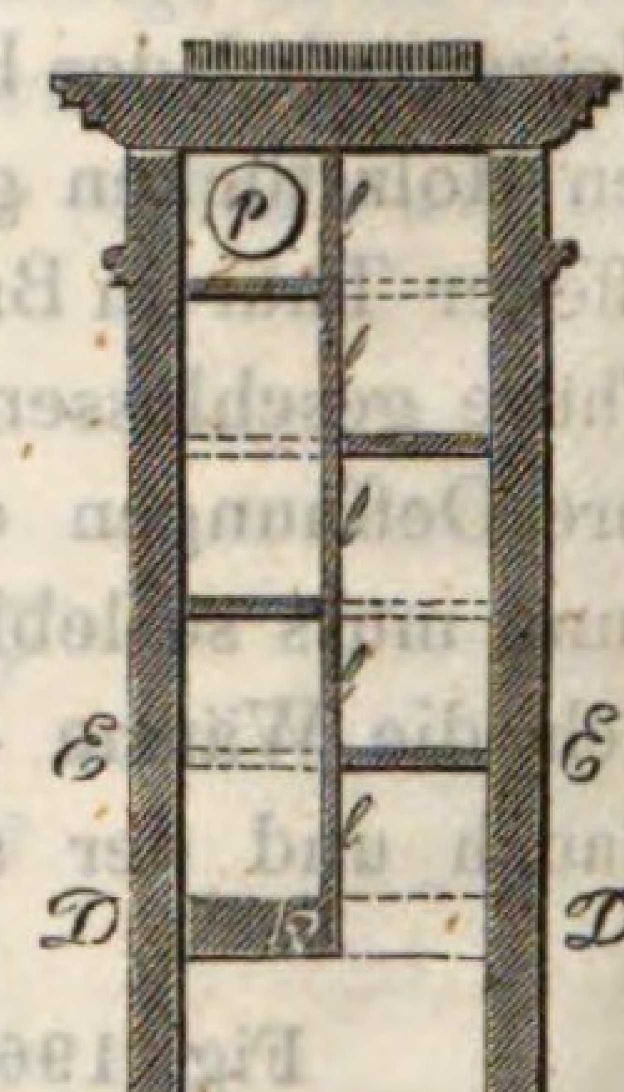
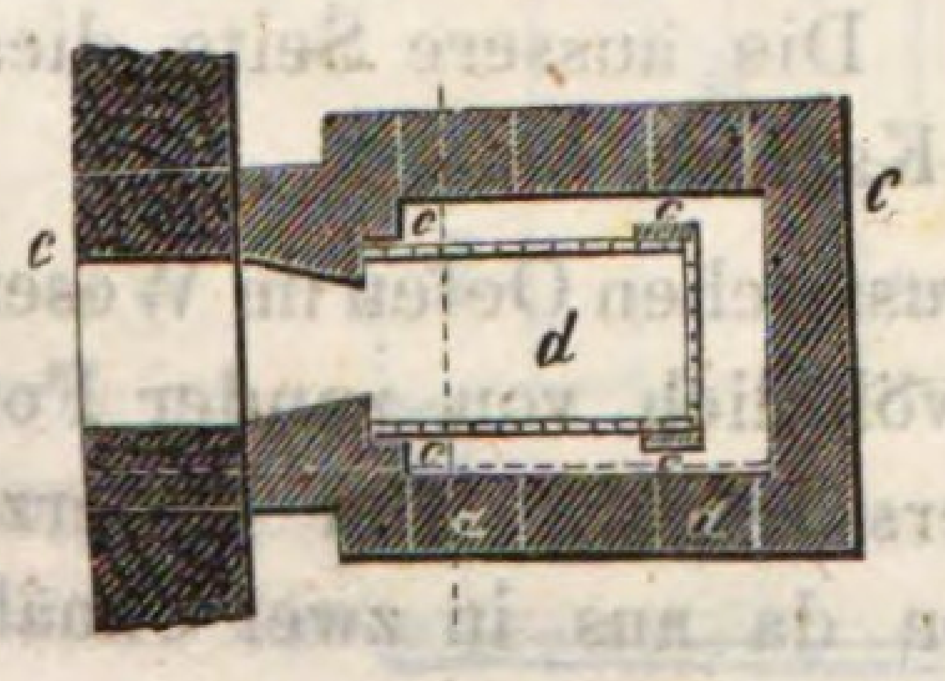


Fig. 202.



Feuerherd dieses Ofens ist ein eiserner, von den umgebenden Thonwänden abstehender Kasten, welcher auf der oberen Deckplatte an einem Ende mit einer runden Oeffnung versehen ist, in welche ein 4—6 Zoll hohes Rohr eingesetzt wird; durch diesen Cylinder muss sich die ganze Feuermasse durchpressen, um in die Züge zu gelangen. Eben so wie

bei dem russischen Ofen findet hier eine vollständige Verbrennung ohne Rauch und Russbildung statt und ein grosser Theil der entwickelten Wärme theilt sich den Ofenwänden mit. Damit die Züge möglichst wirken, wird der Ofen durch eine verticale Scheidewand in zwei Theile getheilt; an diese Scheidewand sind horizontale Scheidungen angebracht, so dass die heissen Verbrennungsgase sich durch die so gebildeten Gänge hindurch bewegen und immer von der einen Hälfte des Ofens in die andere übergehen müssen, bis sie oben angekommen sind. Die Verbrennungsgase durchlaufen in diesen Oefen einen Weg von 25—30 Fuss, ehe sie in das Rauchrohr gelangen, dabei berühren sie die äusseren Ofenwände auf etwa 33 Quadratfuss Fläche, so dass ihnen hinlänglich Gelegenheit geboten ist, ihre Wärme abzugeben. Da der eiserne Feuerungsraum von allen Seiten frei steht, so findet sofort nach dem Einheizen auch Erwärmung des Zimmers statt. In dem unteren Theile des Ofens ist eine Art Luftheizung angebracht; durch daselbst vorhandene zwei Oeffnungen *a a* (Fig. 199) tritt kalte Luft unten ein, welche bei ihrem Emporsteigen so stark erhitzt wird, dass sie heiss durch die Fig. 199 angedeutete durchbrochene Verzierung in das Zimmer strömt. Wird nach beendigter Verbrennung die Verbindung der Züge mit dem Schornstein durch die Klappe unterbrochen, so nimmt der obere, aus Kacheln bestehende Theil des Ofens eine solche Temperatur an, dass ein zweites Einheizen an einem Tage überflüssig ist.

*b b b* ist der aufgemauerte Boden des Ofens, *c c* Stützen, welche die gusseiserne Bodenplatte *d d* des eisernen Kastens aufnehmen sollen, *e* sind die drei Seitenplatten, *f f* die Deckplatte des Feuerkastens, *g* ist das auf der Deckplatte befindliche Rohr, durch welches die Verbrennungsgase in die Züge treten. Die auf der Deckplatte vorhandenen Mauerziegel tragen die Decke *h h*; letztere besteht aus einer Blechtafel, in welcher eine runde Oeffnung ist, von solcher Weite, dass das Rohr *g* das Blech nicht berührt. Auf dieses Blech kommt eine mit den Ofenwänden verbundene Decke aus Dachziegeln und zwar so, dass sie von dem Kranze des Rohres *g* etwas absteht, wodurch mithin eine Vertiefung sich bildet, welche mit trocknem Sand oder mit Asche ausgefüllt wird. Diese Vorrichtung soll das Mauerwerk von dem Eisen isoliren, damit durch die Ausdehnung des Eisens das Mauerwerk nicht auseinandergetrieben werde. Die Mauerziegel *i* bilden die Scheidewand, auf welcher die Decke *k* ruht. *l l* ist die ebenfalls aus Mauerziegeln bestehende Wand, welche, wie oben erwähnt, den Ofen in zwei Theile theilt. Die Ziegel stehen auf den Decken *n n* und sind nur so lang, dass jede der Oeffnungen *n n* sieben Zoll von der gegenüberstehenden Steinwand absteht; durch diese Oeffnungen gehen die Verbrennungsgase von einer Seite des Ofens in die andere über; durch die Oeffnungen *o o* steigt der Rauch in die Höhe, *p p* ist das an dem letzten Canal angebrachte Rauchrohr.

Bei dem Feilner'schen Ofen geht mithin das Feuer aus dem Feuerkasten *e* durch das Rohr *g*, stösst an die Decke *k*, wendet sich hier um

die Wand *i*, geht durch die Oeffnung *o* in den Canal *n* und endlich in das zum Schornstein führende Rauchrohr.

Beachtenswerth ist ferner der auf Braunkohlen eingerichtete Henschel'sche Ofen, welchen Fig. 203 im verticalen, Fig. 204 im horizontalen Durchschnitt nach der Linie *A B* zeigt. Dieser Ofen besteht aus zwei Cylindern, einem äusseren von Gusseisen *a* und einem inneren von starkem Eisenblech *b* Der äussere Cylinder steht auf dem viereckigen Aschenkasten *c d*, der oben mit dem Rost *e* versehen ist. Der innere Blechcylinder reicht nicht bis zum Roste und lässt sich durch den gut schliessenden Deckel *g* verschliessen. Der äussere Cylinder wird durch den Deckel *g* verschlossen. Beim Gebrauch wird der Blechcylinder mit Braunkohlenstückchen angefüllt; es werden beide Cylinder durch ihre Deckel verschlossen und die Braunkohle im Feuerraume *i* durch *k* entzündet. Die Verbrennung kann begreiflicherweise nur auf dem Roste vor sich gehen, wobei der Luftzug zwischen den beiden Cylindern nach oben geht und durch das Rohr *l* abzieht. Die in dem Blechcylinder befindliche Braunkohle sinkt in dem Verhältniss, als die Verbrennung fortschreitet, auf den Rost herab. Die auf dem Rost sich nach einiger Zeit ansammelnde Asche, welche die Verbrennung unterbrechen würde, wird durch das unter dem Rost befindliche drehbare Kreuz *m*, welches mit einigen, zwischen den Roststäben durchgehenden Stäben versehen ist und von aussen durch *n* leicht bewegt werden kann, beseitigt. Durch das Rohr *o* soll der im oberen Theile des Ofens etwa vorhandene Rauch abgeleitet werden. Ein solcher Ofen brennt in der Regel 48 Stunden.

Fig. 203.

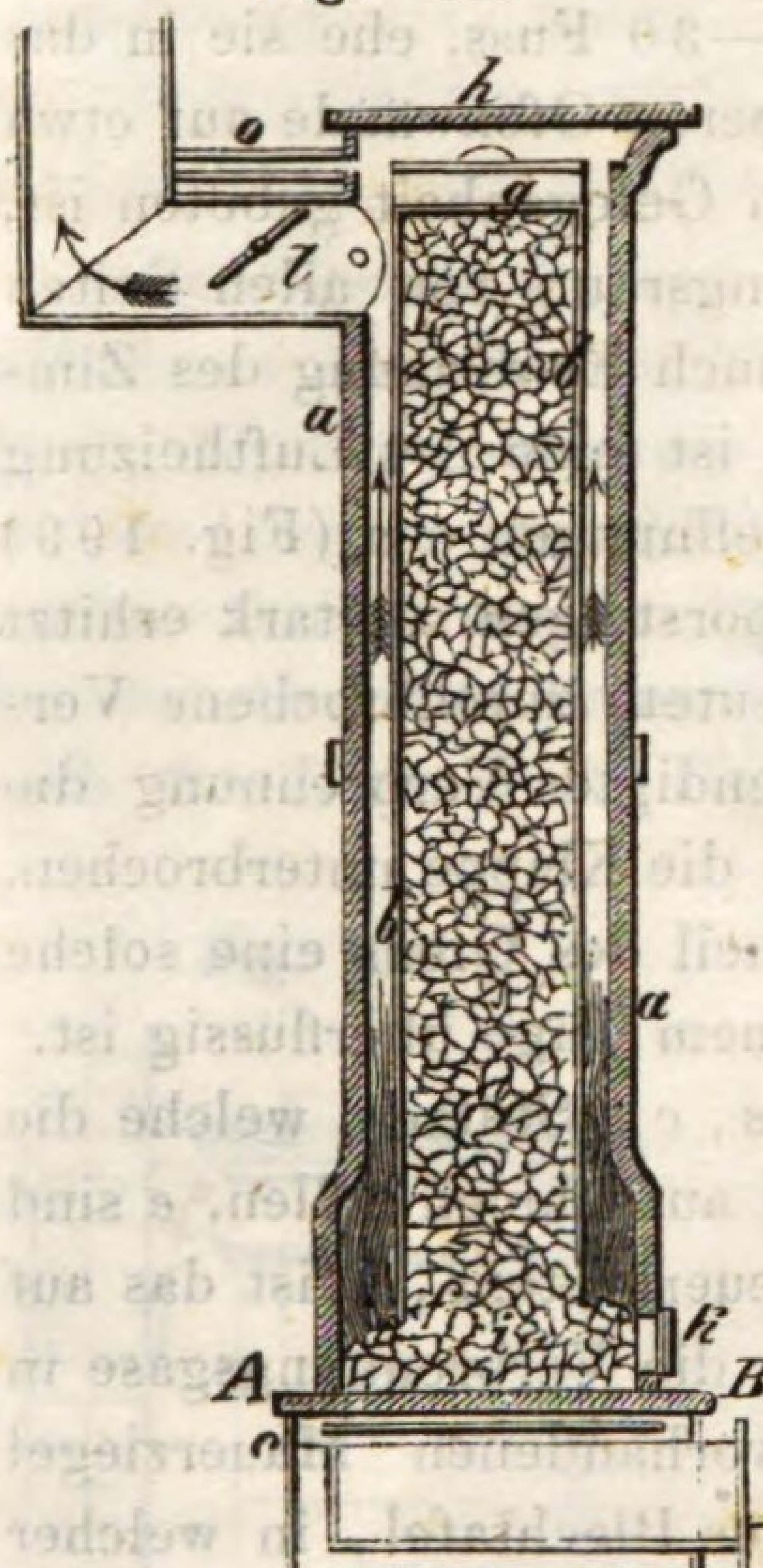
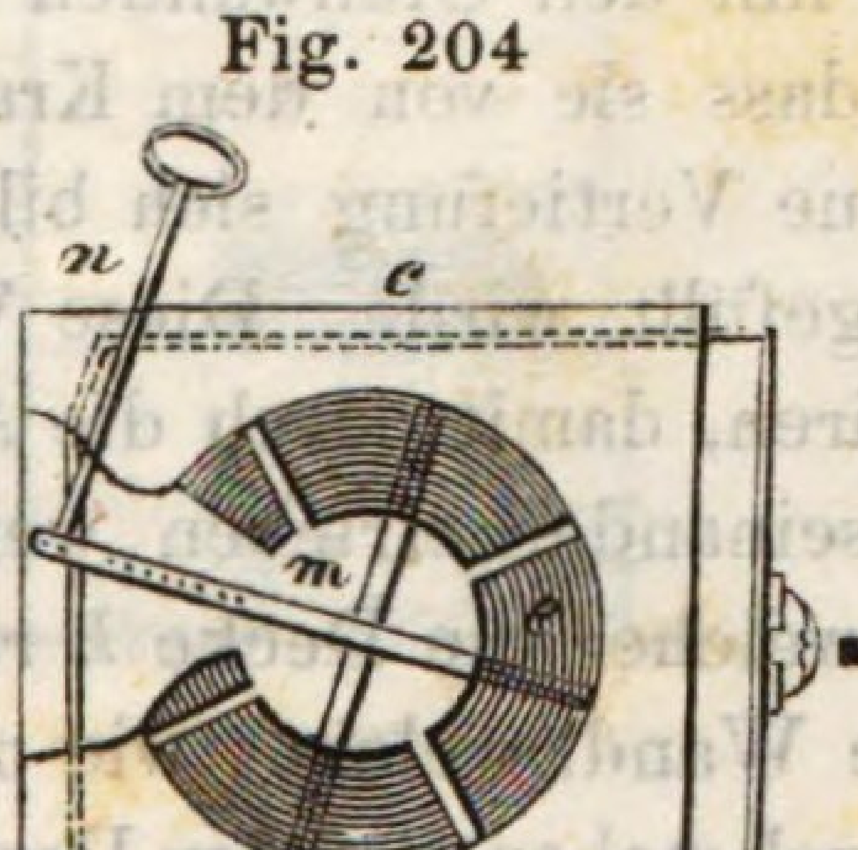


Fig. 204



Luftheizung. Die Luftheizung ist eine Art von Ofenheizung und unterscheidet sich von der gewöhnlichen Heizung mit Hülfe von Oefen dadurch, dass der Ofen in den meisten Fällen nicht in dem zu erwärmenden Raume selbst, sondern in einem besonderen, in der Heizkammer sich befindet, in welcher sich die Luft erwärmt und sodann durch Canäle in die zu heizenden Räume gelangt.

Der Zweck der Luftheizung ist, mittelst eines Ofens einen grossen Raum möglichst gleichmässig zu erwärmen, oder eine Anzahl Zimmer zu gleicher Zeit zu heizen, endlich auch in gewissen Fällen, wo in einem Raume der Ofen aus

Gründen hinderlich wäre, den Ofen zu beseitigen. Es giebt drei verschiedene Methoden der Luftheizung, die sich wesentlich durch die Art und Weise des Luftwechsels in dem zu heizenden Raume unterscheiden:

a) Die äussere kalte Luft tritt in den Heizraum und strömt als erwärmte Luft durch einen Canal in den zu heizenden Raum; ein der eintretenden Luft gleiches Volumen Zimmerluft strömt durch die Fenster- und Thürfugen aus.

b) Die erwärmte Zimmerluft geht durch einen Canal in die Heizkammer zurück, erwärmt sich hier und tritt wieder in das Zimmer. Wenn Methode a den Vorzug hat, das Zimmer stets mit neuer Luft zu versorgen und dadurch das Zimmer ununterbrochen zu ventiliren, so wird durch die Methode b diejenige Wärmemenge erspart, welche bei der ersten Methode durch das Ausströmen der erwärmten Luft entzogen wird.

c) Eben so wie nach Methode a) erwärmt sich äussere kalte Luft in dem Heizraume und gelangt in das Zimmer; die Zimmerluft geht jedoch durch einen Canal zu dem Feuer und dient zu seiner Unterhaltung. Diese Methode verbindet die Vortheile von a und b, indem neben fortwährender Ventilation auch Ersparniss an Brennmaterial stattfindet.

Vergleicht man letztere Methode mit der Heizung eines Zimmers durch einen Stubenofen, der von innen geheizt wird, so ist bei der zweiten Methode der Vorgang der Luftcirculation auf die Heizung eines Zimmers durch einen von aussen geheizten Ofen zurückzuführen.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Luftheizung, wenn man die Construction des Heizraumes und den Ort, an dem sich derselbe befindet, als Eintheilungsgrund gelten lässt, nämlich

a) die Luftheizung mit einem Mantelofen,
b) die Luftheizung mit einer Heizkammer.

Die erstere Art nähert sich ausserordentlich der gewöhnlichen Ofenheizung und ist von ihr nur dadurch verschieden, dass der in oder neben dem zu heizenden Raume befindliche Ofen mit einem thönernen Mantel umgeben ist, welcher überall 6—8 Zoll vom Ofen absteht, oben offen und unten in der Nähe des Fussbodens mit Oeffnungen versehen ist. Wird nun der Ofen geheizt, so steigt die in dem Zwischenraum zwischen Ofen und Mantel befindliche Luft erwärmt in die Höhe, an ihrer Stelle tritt durch die Oeffnungen im unteren Theile des Mantels kalte Luft, welche, nachdem sie erwärmt worden ist, ebenfalls emporsteigt u. s. f., und so passirt in sehr kurzer Zeit alle Luft des Zimmers den Raum zwischen Ofen und Mantel und ist dann gleichmässig erwärmt. Man kann auf diese Weise einen sehr grossen Raum ganz auf dieselbe Temperatur bringen, während bei Anwendung eines gewöhnlichen Ofens in demselben Raume in der Nähe eine lästige Hitze und in nicht grosser Entfernung davon empfindliche Kälte herrschen würde.

Bei der eigentlichen Luftheizung mit einer Heizkammer ist zuerst die Heizkammer zu unterscheiden, in welcher der Heizofen aufgestellt; sie ist gewölbt. Die Heizkammer soll den möglichst kleinen Umfang haben, damit die erwärmte Luft so heiss als möglich aus der Heizkammer fortgeführt werde und nicht Zeit habe, Wärme an die Mauerwände abzugeben. Die Canäle zur Ableitung der erwärmten Luft öffnen sich an der Decke der Heizkammer, der Zuleitungscanal für kalte Luft-

mündet unmittelbar über dem Boden der Ofenkammer. Die Entfernung des Ofens von den Seitenwänden beträgt nur 3—4 Zoll, das Gewölbe der Kammer führt man jedoch 3—4 Fuss über der Ofendecke hinweg.

Der wesentlichste Theil der Luftheizung ist ohne Zweifel der Ofen. Man hat gefunden, dass die Kastenform die geeignetste Form für den Ofen ist. Der Kasten ist entweder von Gusseisen oder aus sehr starkem Blech und genietet. Hinsichtlich der Grösse des Ofens ist zu bemerken, dass 1 Quadratfuss Oberfläche ungefähr 800 bis 1000 Kubibfuss Luft zu heizen im Stande sei.

Eine andere Einrichtung der Luftheizungsöfen ist folgende: Mehrere über und neben einander liegende, mit einander in Verbindung stehende gusseiserne Röhren werden in dem Feuerraume des Ofens so angebracht, dass zu dem einen Ende kalte Luft ein- und zu dem anderen Ende erwärmte ausströmt. In der Regel findet das Einströmen durch die unterste Röhrenreihe und das Ausströmen durch die oberste statt.

Da die warme Luft, als leichter, immer in die Höhe zu steigen, die kalte schwerere hingegen stets hinabzusinken sucht, so ist es erforderlich, dass die Heizkammer unterhalb aller zu heizenden Localitäten, demnach in dem Falle, dass solche sich auch im Erdgeschosse des Hauses befinden, im Keller angebracht sei. Aus gleichem Grunde sollen die Canäle zum Abführen der warmen Luft so viel als möglich senkrecht in die Höhe steigen. Die Ausströmungsöffnungen in den Zimmern legt man am besten nahe über dem Fussboden an; sie erhalten zum Verschluss ein durchbrochenes Gitter zum Durchlassen der Wärme und ausserdem noch einen Schieber zum völligen Absperren.

Die Klage über grössere Trockenheit der Luftheizung im Vergleiche mit Ofenheizung ist eine gegründete, indem die Luft in den auf diese Weise geheizten Localen bald jenen Grad der Feuchtigkeit verliert, der zum Wohlbefinden der Menschen nothwendig ist. Die Mittel, welche man gewöhnlich anwendet, um der zu grossen Trockenheit dieser Luft zu begegnen, sind folgende: Man stellt eine Schüssel mit Wasser in's Zimmer, am besten in die Nähe des Luftheizungscanals oder selbst in demselben auf, damit die Luft dieses Wasser trinke. Andere bringen einen mit Wasser angefüllten Badeschwamm in den Canal. Pettenkofer hat das Unzureichende dieser Mittel nachgewiesen. Die Luftheizung eignet sich nicht für gewöhnliche Wohnzimmer, welche einen ganzen Winter unseres Klima hindurch mit heisser Luft geheizt werden sollen. Dort wird sich zwar nicht gleich am Anfang des Winters, aber gewiss in der Mitte, wenn die Wände bereits mehr Wasser verloren haben, als ihnen durch Absorption aus der freien Atmosphäre täglich wieder ersetzt wird, die Klage über Trockenheit der Luft erheben. Räume, welche selten geheizt werden, eignen sich dagegen sehr für Luftheizung; ebenso Räume wie Theater, Concertsäle, in welchen sehr viele Menschen, brennende Lichter oder andere ergiebige Quellen für Wasserdampf sich befinden.

Canalheizung. Die Canalheizung besteht darin, dass unter dem Fussboden des zu heizenden Locales Canäle hin- und herlaufen, an deren einem Ende sich der Feuerherd, an deren anderem Ende sich der Schornstein befindet, so dass die heissen Verbrennungsgase durch diese Canäle

hindurchziehen. Die Canäle gehen unter dem Fussboden, welcher mit Steinplatten oder gebrannten Ziegeln bedeckt ist, im Zickzack hin und her, sind nach unten bogenförmig oder in Gestalt einer Rinne und ausgemauert. Auswendig ist der Canal mit trocknem Mauerschutt umgeben. Der Feuerherd befindet sich in einem nahe gelegenen Behältnisse im Keller oder in einer Ausgrabung unter der Erde. Der Schornstein geht in einer der Seitenwände in die Höhe. Man wendet die Canalheizung jetzt noch am häufigsten zur Erwärmung von Treibhäusern an, sonst wegen der bedeutenden Feuersgefahr selten.

Heisswasserheizung. Anstatt die Luft unmittelbar zu erwärmen, bedient man sich zuweilen eines Zwischenträgers, nämlich des Wassers, welches sich seiner hohen specifischen Wärme wegen ganz besonders dazu eignet. Die darauf basirte Heizung nennt man die Heisswasserheizung*). Es kommt dabei darauf an, ein mit heissem Wasser angefülltes Gefäss in den zu heizenden Raum zu bringen und Sorge zu tragen, dass die Wärme, welche das Wasser verliert, wieder ersetzt wird.

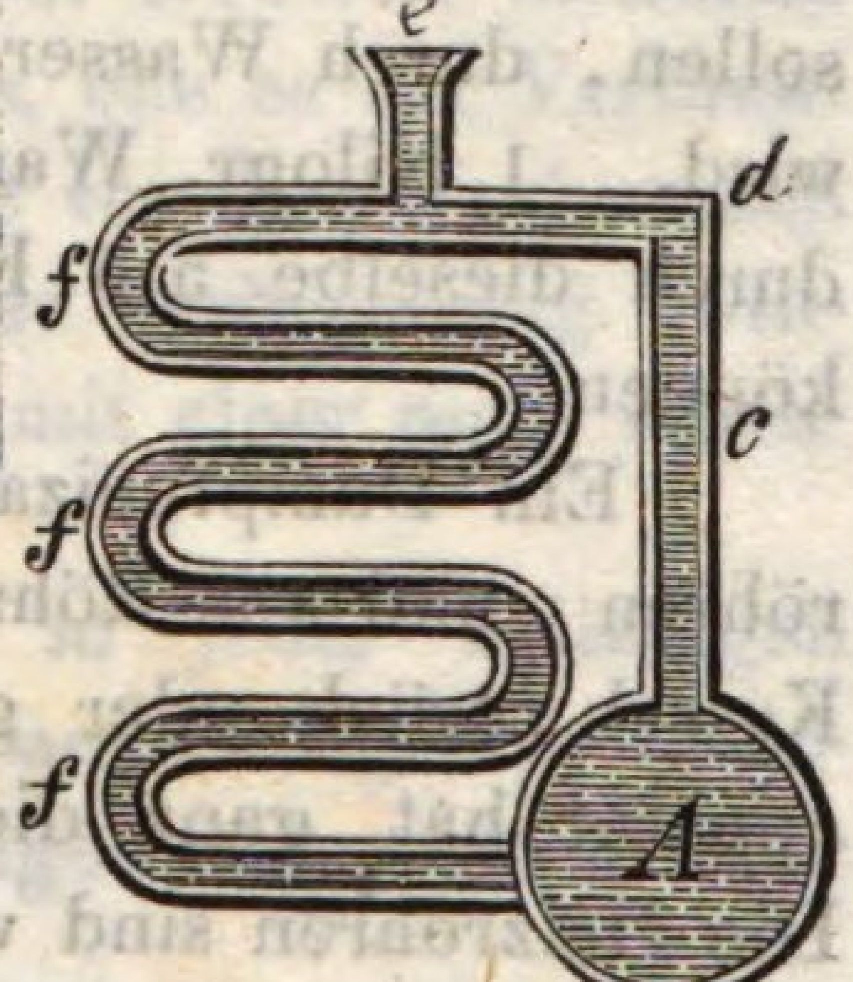
Die Heisswasserheizung wird ausgeführt

a) mit Hülfe der Circulation durch einen geschlossenen geheizten Kessel, oder

b) mit Hülfe der Circulation durch Heberwirkung bei einem offenen geheizten Gefässe.

Bei der Heisswasserheizung nach der ersten Methode steht ein grosser Wasserkessel, welcher dicht zugeschraubt werden kann, mit Röhren in Verbindung, welche nach den zu heizenden Räumen führen und dann wieder in den Kessel zurückkehren. Das Princip der Circulation des Wassers wird aus Fig. 205 deutlich werden. Die Erwärmung des Wassers geschieht in dem Kessel *A*, *c* ist das Steigrohr, *d f* die zum Kessel zurückgehende Heizröhre. Das Gefäss *e* dient zum Füllen des Apparates mit Wasser; es entweicht ferner durch dasselbe die Luft, die sich beim Erwärmen aus dem Wasser entwickelt, ferner die Wasserdämpfe, welche durch zu starkes Heizen des Kessels sich bilden könnten. Indem das Wasser in dem Steigrohr emporsteigt und dabei seine Wärme den darüber befindlichen Flüssigkeitstheilchen mittheilt, fliesst kaltes Wasser aus *f f* in den Kessel herab, erwärmt sich daselbst und steigt in die Höhe. Dieses Spiel dauert so lange, als noch in den verschiedenen Theilen ein Temperaturunterschied vorhanden ist; es wird aber niemals aufhören, wenn das aufsteigende warme Wasser unterwegs abgekühlt und der Temperaturunterschied fort

Fig. 205.




*) 1 Kilogr. Wasser von 100° lässt, wenn es sich bis auf 20° abkühlt, 80 Wärmeeinheiten entweichen, welche 32 Kilogr. oder 24,61 Kubikmeter Luft um 10° erwärmen können.

erhalten wird. Ein kleiner Wasserverlust findet dabei statt, so dass man von Zeit zu Zeit durch die mit einem Stopfer verschlossene Oeffnung *e* am oberen Theil der Röhre etwas Wasser nachfüllen muss. Die Leitungsröhren werden am besten aus Gusseisen angefertigt. Man rechnet bei dieser Heizung 20 — 30 Quadratfuss Heizfläche auf je 1000 Kubikfuss Zimmerraum.

Die zweite Methode der Heisswasserheizung mit Hülfe eines offenen Kessels, bei welcher das Princip des Hebels in Anwendung kommt, ist das sogenannte Thermosiphon von Fowler, welches im Vergleich zur ersten Methode den Nachtheil hat, dass durch den offenen Kessel ein nicht unbedeutender Wärmeverlust stattfindet, für die Vermeidung der Ansammlung von Luft in dem oberen Theile des Hebers weit grössere Sorgfalt erforderlich ist, die Röhrenhöhe endlich eine beschränkte ist, insofern sie vom Luftdrucke abhängt.

Eine neue Methode der Heisswasserheizung ist die von Perkins erfundene. Man benutzt dabei warmes Wasser, dessen Temperatur bis auf 150—200° C., an der Feuerstelle sogar bis auf 500° steigt. Der bei dieser Methode angewendete Apparat besteht aus einer endlosen Röhre, welche überall geschlossen und mit Wasser gefüllt ist. Der Kessel ist überflüssig. Der sechste Theil der Röhre ist in irgend einer zweckmässigen Form aufgewickelt und in einen Ofen gebracht, die übrigen $^5/_6$ werden durch Circulation erwärmt. Die Röhren sind von Schmiedeeisen, baben 1 Zoll innere Weite und sind mittelst einer hydraulischen Presse für einem Druck von 3000 Pfd. auf den Quadratzoll geprüft.

Noch mag bei der Heisswasserheizung angeführt werden, dass man sich neuerdings auch des durch die Erdwärme erwärmten Wassers zum Heizen bedient hat; das warme Wasser artesischer Brunnen wird zum Heizen von Gewächshäusern, Fabriken u. s. w. benutzt.

Dampfheizung. Bei der Heizung mit Wasserdämpfen werden die Heizflächen, die ihre Wärme an die zu heizenden Räume abgeben sollen, durch Wasserdampf erwärmt, der in einem Dampfkessel erzeugt wird. 1 Kilogr. Wasserdampf von 100° C. enthält so viel Wärme, dass durch dieselbe 5,5 Kilogr. Wasser von 0° bis auf 100° erhitzt werden können.

Ein Dampfheizapparat besteht aus einem Dampfkessel, aus Heizröhren, und aus Röhren, welche das condensirte Wasser entweder zu dem Kessel zurück oder gänzlich abführen. Der Kessel für den Dampfheizapparat hat ganz die Beschaffenheit eines gewöhnlichen Dampfkessels. Die Heizröhren sind von Gusseisen; man bringt sie entweder horizontal, ein wenig geneigt wegen des Abfliessens des condensirten Wassers oder vertical an. Sind mehrere Stockwerke eines Hauses zu heizen, so lässt man ein Steigrohr bis zu der obersten Etage in die Höhe gehen, von dem aus Leitungsröhren nach den verschiedenen Etagen abgehen. Die Leitungsröhren sind am Ende mit einem nach auswärts öffnenden Ventile versehen, damit die Luft durch die einströmenden Dämpfe ausgetrieben werden kann; ausserdem würde sie sich an den Enden der Röhren anhäufen und dem Eintreten des Dampfes bis zu dieser Stelle ein Hinderniss

entgegenstellen, so dass dieser Theil der Röhren ungeheizt bliebe. Sobald die Dampfentwickelung im Kessel aufgehört hat, demnach durch die Condensation der Dämpfe ein luftleerer Raum entsteht, muss die Luft durch ein nach innen sich öffnendes Ventil einströmen können.

Die Dampfheizung ist besonders dort mit Vortheil anzuwenden, wo von einem Feuerherd aus die Heizung auf grosse Entfernungen und nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt werden soll, wie in Fabrikgebäuden mit grossen Arbeitssälen etc. Vor der Luftheizung hat sie den Vorzug, dass die Leitungsröhren unter dem Fussboden hingeleitet werden und dabei Gegenstände aller Art berühren können, ohne dass eine Entzündung zu besorgeu wäre. Vor der Heisswasserheizung hat sie voraus, dass der Dampf bis zu bedeutenden Höhen aufwärts geleitet werden kann, ohne dass der Druck im Kessel vermehrt würde. In Fabriken, welche mit Hochdruckmaschinen arbeiten, ist die Dampfheizung namentlich vortheilhaft, da in diesem Falle die Heizung fast kostenlos bewerkstelligt werden kann.

Gasheizung. G a s h e i z u n g. Seit in neuerer Zeit die Beleuchtung mit Steinkohlengas und Holzgas so grosse Ausdehnung gewonnen hat und der Preis des Leuchtgases im fortwährenden Sinken begriffen ist, lag der Gedanke nicht fern, sich des Gases auch als Heizmittel zu bedienen. Es wurden auch früher schon hier und da einige derartige Einrichtungen ins Leben gerufen, allgemeiner geschah dies jedoch erst in vielen Fabriken Englands, welche das Gas als Nebenproduct gewannen und zwar mehr als sie zur Beleuchtung nöthig hatten. Nach und nach ging die Gasheizung in die Hauswirthschaft über, wo sie sich immer mehr und mehr Eingang zu verschaffen wusste, da sie sich durch schnellen und sicheren Effect, so wie durch Bequemlichkeit und Reinlichkeit auszeichnet.

Die Anwendung der Gasflamme zur Erhitzung von Kochapparaten scheiterte lange Zeit an der Eigenschaft des Leuchtgases, in Berührung mit kalten Körpern Russ abzuscheiden, wodurch die Gefässe beschmutzt wurden, auch war die Heizkraft nur gering. Ingenieur E l s n e r in Berlin beseitigt diesen Uebelstand dadurch, dass er das Gas, ehe es zur Verbrennung gelangt, mit Luft mischt. Durch die dem Gase vor dem Verbrennen zugesetzte Luft findet der Kohlenstoff den zu seiner Verbrennung nothwendigen Sauerstoff und das Gasgemenge verbrennt mit einer nicht leuchtenden, aber auch nicht mehr russenden Flamme.

Die Gasöfen zur Zimmerheizung lassen sich in jeder beliebigen Grösse anfertigen, sind beweglich und daher überall anzubringen; sie entbehren des Schornsteins, durch welchen bei den übrigen Oefen ein grosser Theil Wärme unbenutzt abzieht.

Die Zimmer werden durch Gasöfen sehr rasch geheizt, wodurch sich diese Heizungsart besonders für öffentliche Locale eignet, bei denen eine schnelle, aber nur kurze Erwärmung erforderlich ist, so bei Kirchen, wie denn auch in Berlin in mehreren Kirchen und anderen öffentlichen Gebäuden mit der Gasheizung befriedigende Versuche angestellt worden sind. Im Allgemeinen sind 5 Kubikfuss Gas hinreichend, um die Temperatur von 1000 Kubikfuss Raum um 12$^0$ C. zu erhöhen; $^1/_5$ der Gasmenge

für die Stunde reicht ferner hin, um die erzeugte Temperatur constant zu erhalten.

Bei den in Deutschland gegenwärtig noch immer herrschenden hohen Gaspreisen ist an eine Concurrenz der Gasheizung mit anderen Heizungsarten vor der Hand nicht zu denken. Es ist nicht unmöglich, dass man in der Zukunft die Generatorgase und das Kohlenoxyd wird zur Zimmerheizung anwenden können.

Heizung ohne die gewöhnlichen Brennmaterialien. Dass sich eine unerschöpfliche Wärmequelle in der latenten Wärme der Körper findet, welche durch Reibung oder Stoss freigemacht werden kann, ist längst bekannt. Sobald es nun thunlich ist, eine hierzu hinreichende mechanische Kraft wohlfeil genug zu beschaffen, liegt die Möglichkeit vor, Wärme in unbegrenzter Menge zu erzeugen.

In der neueren Zeit hat ein Apparat von Beaumont und Mayer, um mittelst der Reibung Wärme zu erzeugen, Aufsehen erregt. Dieser Apparat hat den Zweck, ausserdem verlorne Kräfte, wie z. B. unbenutzte Wassergefälle, Wind etc., dadurch zu verwerthen, dass durch Reibung einer konischen hölzernen Welle in einem Metallstücke mit entsprechender konischer Aushöhlung im Innern eines zum Theil mit Wasser gefüllten Dampfkessels Dampf erzeugt wird. Es ist nach dem Gesetze des mechanischen Aequivalentes der Wärme einleuchtend, dass der durch diesen Apparat gelieferte Dampf nie als Triebkraft benutzt werden kann, da man schon einer solchen bedarf, um den Apparat in Bewegung zu setzen und daher die von dem Apparate selbst erzeugte Kraft nothwendig geringer sein muss als die ursprüngliche.

Ein anderer Apparat, der ohne Anwendung von Brennmaterial Wärme verbreitet, beruht auf der Wärmeentwicklung durch die Compression der Luft mit Hülfe einer Verdichtungspumpe. Derselbe ist von Arzbecher zu Heizungszwecken vorgeschlagen worden. Zur Bewegung der Luftpumpe könnte irgend eine mechanische Kraft, welche eine Nebennutzung gestattet, verwendet werden.

Die Wärme, welche bei der Gährung von Stalldünger sich entwickelt, findet bei der Erwärmung von Gewächshäusern praktische Anwendung. An der hohen Wand derselben wird ein fünf bis sechs Fuss hoher Düngerhaufen, welcher mit abgefallenem Laub etc. vermengt ist, aufgeschichtet, indem man durch den unteren Theil desselben einige an beiden Enden offene Röhren von Blech, etwas geneigt, einlegt. Diese Röhren erwärmen sich und die Luft circulirt in dieselben und tritt an dem einen Ende erwärmt aus.

## Die Kesselheizung.

Kesselheizung. Kessel werden mit wenigen Ausnahmen stets in gemauerten Oefen erhitzt, wobei Verminderung des Brennstoffverbrauchs eine bei der Construction des Ofens vor Allem zu betrachtende Aufgabe ist. Da bei der Kesselheizung eine intensive Erhitzung bewirkt werden soll, so ist unbedingt ein Rost und ein Aschenfall erforderlich, weil ausserdem eine vollständige Verbrennung nicht erzielt werden kann. Der Rost besteht aus parallel liegenden Stäben von Schmiede- oder Gusseisen, deren Stärke von ihrer Länge, und ihre Entfernung von einander von der

Grösse der Stücke des Brennmaterials abhängt, indem diese Zwischenräume nur der Asche den Durchgang gestatten dürfen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Summe der Zwischenräume, welche die Roststäbe trennen, nur ein Viertel von der ganzen Oberfläche des Rostes betragen soll. Die grossen Roste haben vor den kleinen den Vorzug, dass der Zug durch den Durchgang der Luft durch das Brennmaterial weniger vermindert wird, die Roste sich nicht so leicht verstopfen und das Einfeuern nicht so oft vorgenommen zu werden braucht, wodurch an Arbeit erspart wird; der ganze Rost muss dagegen immer mit Brennmaterial bedeckt sein. Die kleineren Roste haben dagegen andere, für specielle Fälle sehr wichtige Vortheile; es ist nämlich die Verbesserung lebhafter und vollkommener und es entgehen der Verbrennung weit geringere Mengen Luft als bei grösseren Rosten. Bei Rosten mit Holzfeuerung kann die Oberfläche des Rostes mindestens zweimal kleiner als bei der Steinkohlenfeuerung sein, da bei der ersten Art der Feuerung die Oeffnungen sich nicht verstopfen. Nach Ed. Köchlin ist zur Verbrennung von 350 Kilogr. alten Eichenholzes in Zeit von 1 Stunde 1 Quadratmeter Rostfläche mit 1 Viertel für die Zwischenräume das zweckmässigste Verhältniss. Gewöhnlich sind die Roste für die Holzfeuerung 4 mal kleiner als für Steinkohlenfeuerung.

Der Feuerraum zwischen der Herdsohle (dem Roste) und dem Kessel muss geräumig genug sein, um das Brennmaterial aufnehmen zu können und die gehörige und völlige Entwicklung der Flamme zu gestatten. Das Brennmaterial muss in der erforderlichen Menge aufgegeben werden; ist die Quantität zu klein, so entgeht ein grosser Theil der einströmenden Luft der Verbrennung; ferner veranlasst, wenn oft geschürt werden muss, das häufige Oeffnen des Schürloches kalte Luftströmungen, welche die Temperatur unter dem Kessel erniedrigen und unter Rauchbildung einen starken Verlust herbeiführen. Ist dagegen die Menge des aufgegebenen Brennmaterials zu gross, so wird der Luft der Durchgang erschwert und die Verbrennung kann nur langsam und unvollkommen vor sich gehen. Ist der Feuerraum zu niedrig, so wird die Flamme gedämpft, es findet nur unvollkommene Verbrennung und reichliche Rauchbildung statt; ist dieser Raum dagegen zu hoch, so wirkt auf den Kessel vorzüglich nur die strahlende Wärme und es geht demnach viel Wärme verloren.

Die das Schürloch verschliessende Heizthüre muss so breit sein, dass man den Rost bequem übersehen kann, und so hoch, dass das Einfeuern ungehindert vor sich gehen kann. Sie muss vollkommen genau schliessen, da die durch die Ritzen und Fugen eindringende Luft durch Erniedrigung der Temperatur und Rauchbildung fortwährenden Wärmeverlust nach sich ziehen würde.

Rauchverzehrende Feuerungen. Indem wir die gewöhnlichen Kesselfeuerungen, welche zum grössten Theile der Dampfmaschinenlehre angehören, übergehen, wenden wir uns zu den rauchverzehrenden Feuerungen. Nicht

nur um die Nachtheile des Rauches zu vermeiden, welcher für die Umgebung grosser Feuerungsanlagen höchst unbequem werden kann, sondern auch und zwar hauptsächlich, um an Brennstoff zu sparen, hat man sich schon seit langer Zeit die Aufgabe gestellt, rauchverzehrende Feuerungen zu construiren, ohne dass dieses Problem bis jetzt als genügend gelöst betrachtet werden könnte. Wirft man auf ein in vollem Brennen begriffenes Steinkohlenfeuer frische Steinkohlen, so entwickeln sich plötzlich solche Quantitäten brennbarer Gase und Dämpfe von hohem Kohlenstoffgehalt (Benzol, Toluol, phenylige Säure, Naphtalin, Paraffin etc.), dass der Sauerstoff der in dem Feuerraum befindlichen Luft zu ihrer vollständigen Verbrennung in den meisten Fällen nicht genügt. Durch die verhältnissmässig kühlen Wände des Dampfkessels und durch die während des Einfeuerns einströmende kalte Luft werden die Verbrennungsproducte abgekühlt und es verbrennt nur der Wasserstoff dieser Verbindungen zum Theil, während der Kohlenstoff als Russ ausgeschieden und nicht verbrannt wird.

Die verschiedenen die Verzehrung des Rauches bezweckenden Vorrichtungen beruhen auf verschiedenen Principien, so wird z. B.

a) durch einen besonderen Luftcanal, welcher unmittelbar hinter dem Rost mündet, der Flamme ein Strom kalter und heisser Luft zugeführt;

b) man bringt zwei neben einander befindliche Feuerungen, die abwechselnd mit frischen Kohlen gespeist werden, in solche Verbindung, dass der Rauch der einen Feuerung mit dem in voller Gluth befindlichen Feuer der anderen Feuerung in innige Berührung tritt und dadurch verbrannt wird;

c) es werden die frischen Kohlen auf den vorderen Theil des Rostes geworfen, damit der Rauch über das auf dem Hintertheile des Rostes in voller Gluth brennende Feuer streiche;

d) das Aufschütten von frischem Brennmaterial ist einer Vorrichtung übertragen, welche nicht periodisch eine grössere Kohlenmenge, sondern allmälig, aber in ununterbrochener Wirkung die Kohle in zerkleinertem Zustande auf das in voller Gluth befindliche Feuer wirft;

e) Zur Herbeiführung der hinreichenden Luftmenge, deren Sauerstoff die vollständige Verbrennung ermöglichen sollte, d. h. zur Erreichung des nöthigen Zuges war man bisher gewöhnt, sehr hohe Schornsteine aufzuführen, denn je höher die Schornsteine, desto grösser die Differenz in den specifischen Gewichten innerhalb und ausserhalb des Schornsteines, desto rascher aber auch die durch den Zug erfolgende Ausgleichung dieser Differenzen, aber auch desto kostspieliger. Je mehr der Zug auf diesem Wege gesteigert wird, desto grössere Wärmemengen gehen auf diese Weise verloren. Da die Temperaturdifferenz die Ursache der Luftströmung ist, so suchte L. Gall diese Bedingung durch eine constante hohe Temperatur des Verbrennungsraumes zu erfüllen.

## Die Feuerzeuge.

Feuerzeuge. Ausser den uralten Feuerzeugen von Eisenblech zum Küchengebrauche, in welchen Stahl, Feuerstein und Zunder aufbewahrt wurden, und dem Feuerstahl, Schwamm (durch Klopfen erweichten *Boletus fomentarius*) und Stein, sind hier die sogenannten chemischen Feuerzeuge (obgleich in der eigentlichen Bedeutung des Wortes ein jedes Feuerzeug ein chemisches ist), die Streich- und Reibzündhölzer, zu erwähnen.

Chemische Feuerzeuge. Die sogenannten chemischen Feuerzeuge bestehen aus mit Asbest gefüllten Gläschen, deren Inhalt mit concentrirter Schwefelsäure getränkt ist und den Schwefel- oder Zündhölzchen. Letztere sind gewöhnliche Schwefelhölzchen, deren Schwefelende mit einem Gemisch von 3 Th. chlorsaurem Kali, 1 Th. Schwefelblumen, Colophonium, etwas Gummi- oder Tragantschleim und Zinnober (als Farbe) versehen ist. Beim Gebrauche tupft man dieses Ende in das Fläschchen. So wie die Schwefelsäure mit dem chlorsauren Kali in Berührung kommt, zersetzt sich die Chlorsäure in chlorige und unterchlorige Säure, welche Zersetzung von Feuererscheinung begleitet ist, wodurch der Schwefel und durch diesen das Holz entzündet wird.

Streich- oder Reibzündhölzer. Die erwähnten Zündhölzchen sind fast gänzlich durch die Streich- oder Reibzündhölzer verdrängt worden. Diese Hölzer sind ebenfalls Schwefelhölzchen, die mit einem besonderen Zündsatz versehen sind, welcher sich durch Reiben an einem rauhen Gegenstande entzündet. Zur Fabrikation der Hölzchen wendet man das Holz der Zitterpappel oder Birke, zu den Salonhölzern auch Cedernholz an. Zuerst trocknet man die Scheite in einem Trockenraum, der über einem Backofen angebracht ist, bei circa 180°, und schneidet darauf die trocknen Scheite je nach der Länge, welche die Zündhölzchen bekommen sollen, in 2, 3—4 Zoll lange cylindrische Pflöckchen, welche mit einer Schneidemaschine nach der Richtung der Holzfaser in Stäbchen geschnitten werden. Hölzchen, welche nur geschwefelt werden sollen, werden zu cylindrischen Packeten gemacht, welche 1000—3000 solcher Hölzchen enthalten, und 2—4 Linien tief in Schwefel getaucht, der ungefähr bei 125° geschmolzen wurde, man zieht die Hölzchen aber sogleich wieder heraus und schüttelt sie tüchtig, damit der überschüssige Schwefel abfalle. Ehedem schmolz man Phosphor in Gummischleim, der bis auf 40° erhitzt worden war, setzte zu der Masse chlorsaures Kali und tauchte dann die Schwefelhölzchen in dieselbe. Da diese Hölzchen beim Reiben sich mit Geräusch und häufigem Umherschleudern der brennenden Masse entzünden, so stellt man jetzt Streichhölzchen ohne chlorsaures Kali, nur mit Phosphor und Salpeter dar. Zu diesem Zwecke schmilzt man Phosphor in einem eisernen Mörser unter Wasser, setzt so viel Gummi (arabisches Gummi, in einigen Fabriken auch Dextrin) hinzu, dass ein dicker Schleim entsteht,

und rührt denselben bis zum vollständigen Erkalten. Darauf rührt man den Schleim mit Bleisuperoxyd zusammen, breitet die fertige Masse mittelst eines Lineals auf einer gusseisernen Platte aus, die durch ein Wasserbad lauwarm erhalten wird, und taucht die Schwefelhölzchen in die Masse. Die Zusammensetzung der Masse ist für die Fabrikation der Zündrequisiten von hoher Wichtigkeit. Eine recht gute Masse besteht aus 5 Th. Phosphor, 16 Th. Braunstein (oder anstatt dessen 16 Th. Bleisuperoxyd, oder auch 8 Th. Braunstein und 8 Th. Mennige) und 16 Th. Salpeter. Anstatt des Salpeters kann auch salpetersaurer Baryt angewendet werden. Durch neuere Versuche hat man gefunden, dass die Masse nur $^1/_{15}$, höchstens $^1/_{12}$ Phosphor zu enthalten braucht. Anstatt der Schwefelhölzchen wendet man in vielen Fabriken Hölzchen an, die an dem einen Ende mit Stearinsäure oder Paraffin versehen sind. Zu diesem Zwecke taucht man die scharf getrockneten Hölzchen in Stearinsäure oder Paraffin, welche durch die Wärme eines Wasserbades geschmolzen worden ist. Eine kleine Menge der Fettsäure wird vom Holze eingesogen und steigt in Folge der Capillarität zwischen den Fasern hinauf. Dieses Ende wird dann wie gewöhnlich mit Phosphormasse überzogen.

Die Reibzündkerzchen werden mittelst einer Maschine gefertigt, welche Aehnlichkeit hat mit einem Webstuhl mit zum Weben hergerichteter Kette. Jeder Docht, aus nicht gedrehten Baumwollenfasern bestehend, repräsentirt einen Kettenfaden und 100—200 solcher Dochte, auf eine Walze gewickelt und durch einen Kamm von einander gehalten, laufen durch ein Bad von geschmolzenem Wachs und werden sodann durch ein Zieheisen gezogen. Mittelst einer Schneidemaschine werden alle Kerzchen in bestimmte Längen geschnitten, mit der entzündlichen Masse versehen, getrocknet und in Schächtelchen gebracht.

Die sogenannten Antiphosphorfeuerzeuge, welche vor einigen Jahren plötzlich auftauchten und eben so schnell wieder verschwanden, enthielten amorphen Phosphor. Derselbe befand sich aber nicht in der Zündmasse der Hölzchen, sondern mit Sand und Metalloxyden gemischt auf diejenige Fläche aufgetragen, auf welche das Hölzchen, dessen Ende mit einer Mischung aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon überzogen ist, gerieben werden soll. Diese Feuerzeuge bestanden demnach aus zwei Theilen, dem Streichhölzchen, das für sich allein zum Feuermachen unbrauchbar ist, und der mit Phosphor präparirten Streichfläche.

# Nachtrag zu Seite 509.

## Die Gerberei.

Während des Druckes der neuen Auflage erschien eine ausführliche Abhandlung von Knapp über das Wesen der Gerberei, nach welcher die an der betreffenden Stelle ausgesprochenen Ansichten zum Theile modificirt werden müssen. Aus Knapp's Versuchen folgt, dass das Gerben kein chemischer, sondern ein rein physikalischer Process und das Leder in seinem weitern Begriff nichts als Haut ist, in welcher man durch irgend ein Mittel das Zusammenkleben der Fasern beim Trocknen verhindert hat; es ist demnach klar, dass man die Haut selbst ohne alle Gerbmittel in ein Leder verwandeln kann, wenn es sonst auf irgend eine Weise gelingt, das Zusammenkleben der Fasern beim Trocknen zu hindern. Bedenkt man, dass die Bindegewebfasern der Haut nur dann aneinanderkleben können, wenn sie mit Wasser benetzt und durchdrungen sind, so lag der Gedanke nahe, die in Wasser erweichte Haut in eine Flüssigkeit zu bringen, welche einerseits durch Endosmose das Wasser aus den Zwischenräumen verdrängt, während sie andererseits den Fasern die Fähigkeit benimmt zusammenzukleben, also Aether oder Weingeist.

Bringt man eine Haut, nachdem man sie oberflächlich abgetrocknet hat, einige Stunden lang erst in gewöhnlichen Spiritus und dann eben so lang in absoluten Alkohol oder Aether, so besitzt sie nach dem Herausnehmen und Trocknen eine blendende Weisse, und eine Beschaffenheit, welche jeden Praktiker nöthigen wird, sie als (weissgares) Leder anzusprechen. Sie ist in der That ein Leder ohne allen Gerbstoff, welches in Wasser gebracht sofort zu Haut und im Kochen zu Leim wird. Ist der zuletzt gebrauchte Alkohol noch wasserhaltig, oder der Menge nach so wenig, dass er durch die eingelegte Haut bemerklich wasserhaltig wird, so erscheint die Haut nach dem Trocknen nicht als Leder, aber sie lässt sich genau wie die weissgaren Häute durch Stollen mit der grössten

Leichtigkeit in solches verwandeln. Da zu einer chemischen Verbindung wenigstens zwei Dinge gehören, so schliesst es die Verwandlung der Haut durch Weingeist in Leder völlig aus, die Gerbung als das Ergebniss einer chemischen Verbindung anzusehen.

Es wird vom Leder im Allgemeinen verlangt, dass es der Fäulniss widerstehen soll, allein dies ist nicht buchstäblich, sondern nur relativ zu nehmen; es widersteht zwar im Vergleich mit der Haut ausserordentlich lang, aber nicht völlig, am wenigsten die weissgaren, am besten die sämischen und lohgaren Leder. Die Gerbmittel, wie Gerbsäuren, Eisen- und Thonerdesalze sind an sich styptisch und antiseptisch; sie bilden — wenigstens die ersteren, und auch die Fette etc. — eine der Hauptfaser fest anhängende, sie dicht umhüllende Schicht, welche die Faser gleichsam wie mit Firniss überzieht, die Luft abhält und sie weniger hygroskopisch macht.

Wenn in gewissen Fällen, wie bei Lohe und Gerbsäure, die Gerbung in Wasser, selbst in alkalisch gemachtem Wasser, nicht mehr zurückgeht, während die Gerbung in anderen Fällen (bei Alaun etc.) durch Wasser wieder aufgehoben wird, so ist dies genau dasselbe Verhältniss, welches man in der Färberei mit ächten und mit unächten Farben bezeichnet.

# Register.

**A.**

Acetometrie 471.
Achatglas 110.
Adouciren 242.
Aegyptian 196.
Aether 460.
Aetzen 243.
Affination 343.
Alabasterglas 109.
Alaun 157.
Alaungerberei 516.
Alaunschiefer 158.
Alaunstein 158.
Alizarintinte 554.
Alkalien 1.
Alkalimetrie 86.
Alkarazas 203.
Alkohol 457.
Alkoholometrie 458.
Alpakametall 267.
Alpakawolle 502.
Aluminium 348.
Alunit 158.
Amalgam 310.
Amalgamation 318.
Ammoniak 89.
Ammoniaksalze 91.
Ammoniak, kohlens. 91.
„ salzsaures 93.
„ schwefels. 96.
Ammoniakalaun 163.
Anlassen des Stahls 242.
Antichlor 378.
Antimon 304.
Antiseptica 475.
Apperts Methode 474.
Araeometer 458.
Arak 459.
Arsa 460.
Argentan 266.
Arsenik 307.
Arsenige Säure 307.
Asphalt 490.
Auripigment 308.
Aventuringlas 113.
Avignonkörner 552.
Azale 543.

**B.**

Bahlah 510.
Bandanos 574.
Bäckerei 461.
Barilla 48.
Baryt 155.
Barytweiss 155.
Barytgelb 157.
Barytsalpeter 157.
Baumwolle 364.
Baumwollgarn 366.
Baumwollspinnen 366.
Baumwollweben 366.
Baumwollzeuge 366.
Beleuchtung 575.
Beinglas 109.
Beinschwarz 528.
Benzol 595.
Bergblau 272.
Berilldruck 574.
Berlinerblau 247.
Bierbrauerei 424.
Bierprobe 442.
Bierstein 440.
Bimssteinseife 128.
Biscuit 185.
Blanquette 48.
Blauholz 551.
Blei 275.
Bleiglätte 297.
Bleiglas 106.
Bleioxyd 297.
Bleioxyd, chromsaures 281 u. 282.
Bleioxyd, essigsaur. 280.
„ kohlens. 284.
„ schwefels. 287.
Bleisuperoxyd 280.
Bleiweiss 284.
Bleizucker 280.
*Bleu-Raymond* 565.
*Bleu-Thénard* 251.
Blutlaugensalz 244.
Borsäure 132.
Borax 134.
Bordiamanten 136.
Brandsätze 34.
Branntweinbrennerei 448.

Braunkohle 639.
Braunstein 84.
Braunsteinprobe 84.
Bremerblau 269.
Bremergrün 269.
Brennapparate 451.
Brennmaterialien 620.
Brennstahl 240.
Britanniametall 292.
Brom 50.
Bronze 263.
Brot 461.
Buntfeuer 34.
Butter 533.
Buttermilch 534.
Buttersäure 534.

C.

Cacao 482.
Calain 279.
Campecheholz 551.
Camphin 595.
Carmin 545.
Carrara 194.
Carthamin 545.
Caseogomme 568.
Catechu 510.
Cellulose 357.
Cement 146.
Cementirpulver 240.
Cementstahl 240.
*Cendres bleues* 272.
Centrifugalapparat 404.
Chagrin 515.
Champagner 422.
Chaptalisiren 417.
Charmottestein 197.
Chinasilber 267.
Chloralkalien 83.
Chlorkalk 77.
Chlorkalkprobe 80.
Chlorkalischwefel 34.
Chlornatrium 35.
Chloroform 461.
Chlorometrie 80.
Chlorwasserstoffsäure 75.
Chlorzink 302.
Chromeisenstein 281.
Chromoxyd 284.
Chromsaur. Kali 281.
„ Zinkoxyd 302.
Cider 423.
Cochenille 545.
Cocosölseife 126.
Cognac 459.
Cognacöl 459.
Collodium 337.
Collodiumbilder 337.
Colorin 543.
Concrete 149.
Conservation der Nahrungsmittel 475.
Corchorusfaser 364.
Corduan 515.
Cornish stone 179.
Crownglas 107.
Cudbeer 546.
Curcuma 552.
Cyankalium 246.

D.

Daguerreotypie 330.
Damascenerstahl 243.
Dampflampe 599.
Dampfwäsche 129.
Darrmalz 431.
Degras 517.
Dextrin 388.
Distase 433.
Dividivi 510.
Doppelvitriol 268.
Draht 237.
Druckerschwärze 496.
Duckstein 147.

E.

*Eau de Cologne* 488.
*Eau de mille fleurs* 488.
*Eau de Javelle* 83.
*Eau de Labarraque* 83.
Edelstein, künstl. 108.
Einlegen 475.
Einpökeln 475.
Einsalzen 537.
Einsatzhärtung 241.
Eisen 218.
Eisenblech 236.
Eisendraht 237.
Eisenerze 218.
Eisengiesserei 229.
Eisen, glasirtes 232.
Eisenoxydul, schwefels. 166.
Eisenvitriol 166.
Eisglas 109.
Elaylplatinchlorür 315.
Elektrisches Licht 618.
Elektrotypie 355.
Email 108.
Emailliren 231.
Entglasen 100.
Erze 215.
Essig 467.
Essiggährung 467.
Essigprobe 471.
Essigsäure 471.

F.

Fadenglas 113.
Färben des Goldes 345.
Färberei 541.
Farbstoffe 541.
Fäulniss 473.
Fayence 198.
Federalaun 157.
Feldspath 173.
Fensterglas 105.
Ferridcyankalium 245.
Ferrocyankalium 244.
Feuerfeste Steine 211.
Feuerwerkerei 31.
Feuerzeuge 667.
Filigranglas 113.
Firniss 495.
Fisetholz 552.
Flachs 358.
Flachsrösten 358.
Flachsspinnen 361.
Flachsweben 362.
Flachsbaumwolle 367.
Fleisch 537.
Fleischbrühe 539.
Fleischzwieback 540.
Flintglas 107.
Floretseide 505.
Fluss, schwarzer 16.
„ weisser 16.
Franzbranntwein 459.
Frischeisen 232.
Frischprocess 232.
Frischstahl 240.
Frittenporcellan 194.
Fuselöl 456.
Fustikholz 552.

G.

Gährung 413.
Galaktoskop 533.
Galläpfel 510.
Gallisiren 417.

Galvanoplastik 351.
Galvanotechnik 350.
Galvanographie 356.
Garanceux 543.
Garancin 543.
Gasbeleuchtung 599.
Gattiren 216.
Gebläse 222.
Gelbbeeren 552.
Gelbholz 552.
Gemüse, comprimirte 475.
Generatorgase 235.
Gerberei 509 u. 669.
Gerbmaterialien 510.
Gerbsäure 510.
Gerbstoff 510.
Geschützmetall 263.
Gespinnstpflanzen 357 u. 364.
Gichtgase 224.
Giesserei 229.
Glas 96.
Glasincrustationen 113.
Glasmalerei 111.
Glasmosaik 112.
Glasperlen 114.
Glasporcellan 194.
Glasthränen 99.
Glastropfen 99.
Glasur 185.
Gläser, farbige 109.
Glaubersalz 76.
Glockenmetall 263.
Glyphographie 355.
Gold 340.
Golderze 340.
Goldgewinnung 341.
Goldpurpur 347.
Goldscheidung 342.
Golgasdruck 574.
Graphittiegel 212.
Greze 507.
Grün, Braunschweiger 269.
Grün, Bremer 269.
Grün, Mineral 271.
Grün, Schweinfurter 272.
Guarana 481.
Gusseisen 226.
Gussstahl 241.
Gutta percha 493.
Gyps 152.
Gypsbrennen 153.
Gypsgüsse 154.

**H.**

Haare 504.
Haarfärben 505.
Haarvertilgen 505.
Härten des Gypses 154.
Hallymetrie 445.
Hanf 363.
Harze 486.
Harzgas 609.
Hausenblase 521.
Haut 509.
Herdfrischung 233.
Hefe 414.
Heizung 620.
Hofmanns Liquor 460.
Hohofengase 224.
Hohofenprocess 221.
Holz 623.
Holzgas 607.
Holzconservation 476.
Hopfen 425.
Hopfenprobe 427.
Hopfenöl 426.
Hüttenkunde 214.
Hüttenproducte 217.
Hyalographie 115.
Hydraul. Mörtel 146.
Hydrocarbür 595.
*Hydrocérames* 203.

**I.**

Indig 547.
Indigcarmin 551.
Indigküpe 558.
Indigprobe 548.
Indigschwefelsäure 551.
Inulin 387.

**J.**

Jod 49.
Jodkalium 49.
Juchtenleder 514.
Juta 364.

**K.**

Käse 535.
Kaffee 479.
Kaffeesurrogate 480.
Kalialaun 157.
Kali, chlorsaures 83.
Kali, chromsaures 281.
„ kieselsaures 115.
„ kohlensaures 2.
„ salpetersaures 8.
Kaliseife 126.
Kaliumeisencyanid 245.
Kaliumeisencyanür 244.
Kalk 136.
Kalk, schwefelsaurer 152.
Kalkbrennen 137.
Kalkmergel 177.
Kalkofen 138.
Kalkstein 136.
Kaolin 176.
Kaltgeschmolzenzeug 34.
Kammwolle 504.
Kanonenmetall 263.
Karatirung 345.
Kartoffelbranntwein 449
Kautschuk 491.
Kelp 48.
Kermes 546.
Kerzen 579.
Kieselerde 97.
Kieselseife 128.
Kien 510.
Kitt 499.
Klinker 209.
Knallgold 348.
Knallmannit 412.
Knallquecksilber 312.
Knallsilber 312.
Knallpulver 17.
Knistersalz 39.
Knochenkohle 528.
Knoppern 510.
Kobaltfarben 249.
Kobaltgelb 252.
Kobaltoxydul 252.
Kobaltspeise 251.
Kobaltultramarin 251.
Kochsalz 35.
Kohlen 626.
Koks 644.
Krapp 542.
Krappblumen 542.
Krümelzucker 407.
Kryolith 349.
Krystallglas 106.
Kühlkothbad 571.
Kühlkrüge 203.
Kumys 460.
Kunstguss 230.
Kupellation 322.
Kupfer 253.

Kupferfarben 269.
Kupferglanz 253.
Kupferlasur 253.
Kupferoxyd, essigs. 274.
Kupferoxyd, schwefels. 267.
Kupfervitriol 267.
Kyanisiren 478.

## L.

Lac-Dye 546.
Lackfirniss 497.
Lackmus 551.
Lampen 586.
Lapis lazuli 168.
Lasurstein 168.
Lehm 177.
Lehmguss 229.
Lein 518.
Leingewebe 362.
Leinprobe 367.
Letten 177.
Lichenin 387.
Lichtbilder 329.
Liqueurfabrikation 488.
Lithograph. Stein 137.
Loden 503.
Löthwasser 303.
Lohgerberei 512.
Lohkuchen 514.
Luftheizung 658.
Luftmörtel 143.
Luppenfrischerei 220.

## M.

Maillechort 266.
Mainzer Fluss 108.
Majolika 198.
Malz 428.
Mandarinage 574.
Mangansuperoxyd 84.
Mannit 412.
Marmorcement 154.
Marmorglas 110.
Marineleim 500.
Maschinenpapier 380.
Masseguss 229.
Massicot 279.
Meilerverkohlung 627.
Mennige 280.
Mergel 177.
Messing 264.
Metallfärbung 354.
Metallochromie 354.
Metallurgie 214.
Meth 423.
Milch 530.
Milchglas 109.
Milchsäure 531.
Milchzucker 531.
Millefiori 113.
Mineralsoda 349.
Mörtel 143.
*Moiré metallique* 294.
Molken 532.
Moderateurlampe 594.
Mondglas 106.
Moussirender Wein 422.
Muffel 192.
Musivgold 294.
Mundleim 521.
Münzfuss 325.

## N.

Natron, borsaur. 132.
„ kieselsaures 115.
„ kohlensaur 147.
„ zweifach kohlensaures 57.
Natronalaun 164.
Neapelgelb 306.
Neusilber 266.
Nickel 251.
Nickelspeise 251.
Nicotianin 483.
Nicotin 483.
Noppen 503.

## O.

Obstwein 423.
Oel 585.
Oele, ätherische 486.
Oelgerberei 517.
Operment 308.
Opermentküpe 560.
Orceïn 547.
Orcin 547.
Organsinseide 508.
Orlean 552.
Orseille 547.
Oxydiren des Silbers 328.

## P.

Papierfabrikation 375.
Papiermaché 383.
Pappe 383.
Paraffin 583.
Paraffinkerzen 583.
Paragnaythee 481.
Parfümerie 487.
Parian 194.
Pariancement 154.
Pariserblau 246.
Pastellfarben 542.
Patina 263.
Pergament 517.
Perlenessenz 114.
Persio 546.
Perusilber 267.
Petinetglas 113.
Pfeifenthon 176.
Pflanzenfaser 357.
Phosphor 522.
Photogen 595.
Photographie 334.
Pikrinsäure 553.
Pinchbak 266.
Platin 313.
Platinmohr 315.
Platinschwamm 314.
Polarisationsapparat 410.
Pommaden 487.
Porcellan 180.
Porcellanerde 176.
Porcellanmalerei 191.
Porcellanofen 189.
Portlandcement 147.
Potasche 2.
Presshefe 467.
Pressspäne 383.
Puddlingsprocess 234.
Pulver 21.
Pumplampe 593.
Purpur des Cassius 347.
Puzzuolane 147.
Pyroxylin 371.

## Q.

Quecksilber 309.
Quecksilber, knalls. 312.
Quercitron 553.

## R.

Ratafia 488.
Realgar 308.
Reissteinglas 109.
Rinmanns Grün 252.
Roheisen 226.

Rohschlacke 233.
Romancement 147.
Rosoglio 488.
Röste 358.
Röstprocess 215.
Rothgerberei 512.
Rothholz 544.
Rübenbranntwein 449.
Rübenzucker 391.
Rubinglas 110.
Rum 459.
Rusma 309.

**S.**

Saccharimetrie 409.
Sämischgerberei 517.
Saffian 515.
Safflor 545.
Saftfarben 542.
Sago 387.
Salicor 48.
Salmiak 93.
Salpeter 8.
Salpeterprüfung 15.
Salpetersäure 18.
Salpeterschwefel 33.
Salz, gemeines 35.
Salzsäure 75.
Sandelholz 345.
Sandguss 229.
Santorin 147.
Satz, grauer 33.
Sauerteig 463.
Scaliogla 154.
Schalenguss 229.
Schaumwein 422.
Scheidewasser 18.
Schiefergas 611.
Schiessbaumwolle 371.
Schiesspulver 21.
Schlacken 217.
Schmelz 108.
Schmelztiegel 212.
Schmiedeeisen 226.
Schmierseife 126.
Schnellgerberei 514.
Schüttgelb 553.
Schriftgiessermetall 306.
Schrotfabrikation 277.
Schwefel 58.
Schwefelkohlenstoff 74.
Schwefelsäure 65.
Schweflige Säure 63.
Secretage 21.
Seesalz 36.
Seide 505.
Seidenfärberei 564.
Seife 121.
Seifenprobe 130.
Siderographie 243.
Siderolith 197.
Siegellack 490.
Silber 316.
Silbererze 316.
Silbergewinnung 316.
Silberoxyd, salpetersaures 329.
Silberprobe 326.
Silbersalpeter 329.
Smalte 250.
Soda 47.
Speise 251.
Spiegeleisen 227.
Spiegelfabrikation 118.
Spiessglanz 304.
Spinnen 361.
Spinnmaschine 365.
Spiritus 448.
Sprengkohle 115.
Stabeisen 232.
Stärke 385.
Stärkegummi 388.
Stärkezucker 407.
Stahl 239.
Stahlstich 243.
Stanniol 292.
Stearinkerzen 580.
Steinkohle 641.
Steinkohlengas 602.
Steinpappe 385.
Steinzeug 195.
Stereochromie 117.
Strass 108.
Streichwolle 502.
Streublau 250.
Stuaco 154.
Sumach 510.

**T.**

Tabak 483.
Taffia 459.
Tempern 242.
Terracotta 206.
Terralith 197.
Terresin 479.
Thee 481.
Thierkohle 528.
Thon 173.
Thonerde, schwefelsaure 164.
Tiegel 212.
Tinte, rothe 544.
Tinte, schwarze 554.
Thonmergel 177.
Thonpfeifen 202.
Thonverarbeitung 173.
Tombak 266.
Töpferthon 177.
Töpferwaaren 203.
Torf 636.
Torfgas 607.
Torfkohle 638.
Tournseol 552.
Tramseide 508.
Trass 147.
Traubenzucker 407.
Tschigan 459.
Tuch 503.
Türkischroth 566.
Tuschfarben 542.
Twist 366.

**U.**

Ueberfangglas 111.
Ultramarin 168.

**V.**

Vacuumpfannen 401.
Valonia 510.
Vareksoda 48.
Vergoldung 346.
Verkohlung 626.
Versilbern 327.
Verstählen 241.
Verzinnen 293.
Vitriolküpe 560.
Vitriolöl 65.
Vogelleim 452.

**W.**

Wachs 584.
Waidküpe 558.
Walkerde 177.
Walzenglas 105.
Walzwerke 236.
Warmwasserröste 358.
Wasserglas 115.
Wasserheizung 661.
Wassermörtel 146.
Wau 553.

Weben 362.
Wedgwood 196.
Wein 416.
Weinessig 467.
Weissgerberei 516.
Weisssud 293.
Wismuth 296.
Wismuthkerzen 296.
Wismuthlegirungen 297.
Wolle 501.

Y.

*Yellow metal* 265.

Z.

Zeuge, baumwollene 366.
Zeuge, leinene 362.
Zeuge, seidene 508.
Zeuge, wollene 504.
Ziegelsteine 206.
Ziegelsteine, schwimmende 210.
Zink 298.
Zinkchlorid 302.
Zinkgelb 302.
Zinkguss 302.
Zinkoxyd 302.
Zinkoxyd, chroms. 302.
Zinkweiss 302.
Zinkvitriol 302.
Zinn 291.
Zinnfolie 292.
Zinnküpe 561.
Zinnsalz 295.
Zinnsaures Natron 295.
Zinnober 310.
Zuckerfabrikation 388.
Zuckerprobe 409.
Zündhölzchen 667.
Zündrequisiten 667.
Zuschlag 216.

---

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Wagner, Johann Rudolf von,

Die chemische Technologie faßlich dargestellt nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaften und des Gewerbewesens ; als Leitfaden bei Vorlesungen an Universitäten, Gewerbschulen und polytechnischen Anstalten, sowie zum Selbstunterricht

Leipzig 1859

Passau, Staatliche Bibliothek -- S 5/Ynf 33(4)
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11339162-3